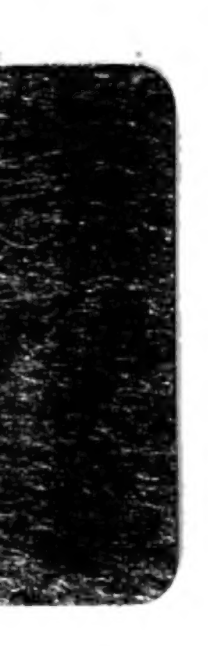
3 3433 06275298 9

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALEN

DER

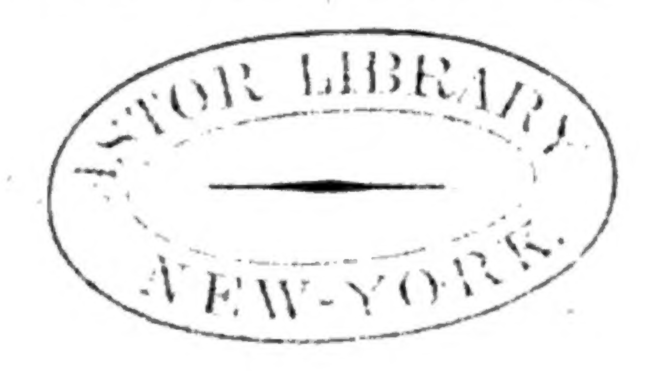
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXVI.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

24

SECHSUNDZWANZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND ZWEITER.

NEBST SIEBEN KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1832.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Digitized by Google

Digitized by Google

I n h a l t

des Bandes XXVI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die geognostische Beschaffenheit der Liparischen Inseln. Schreiben an Hrn. Leopold von Buch von Friedrich Hoffmann. 1

II. Theorie der elliptischen Polarisation des Lichts, welche durch Reflexion von Metallen erzeugt wird; von F. E. Neumann. 89

III. Ueber eine merkwürdige Abänderung der Newton'schen Ringe; von G. B. Airy. 123

Verwandte Beobachtungen von Arago aus früherer Zeit. 133

IV. Ueber einen neuen Lichtzerleger und seinen Gebrauch bei Polarisationsversuchen; von Demselben. 140

V. Ueber eine neue Art von Farbenringen, entstehend durch Reflexion zwischen den Linsen eines achromatischen Objectivs; von Sir David Brewster 150

VI. Ueber die Wirkung einer Zusammendrückung und Ausdehnung auf die Netzhaut; von Demselben. 156

VII. Ideen des Hrn. Ampère über Wärme und Licht. . . 161

Digitized by Google

Seite

VIII. Elementare Bestimmung des Minimums der Ablenkung, die ein homogener Lichtstrahl beim Durchgange durch ein gegebenes Prisma erleiden kann; von E. Bary. 170

IX. Ueber den Einfluſs des Lichts auf die Fällung des Platinchlorids durch Kalkwasser; von J. F. W. Herschel . 176

X. Ueber die Dimorphie der arsenigen Säure; von F. Wöhler. 177

XI. Ueber die Krystallform des Eisens; von Demselben. . . 182

XII. Ueber das rothe Phosphoroxyd und eine gewöhnlich als ein Hydrat desselben angesehene Substanz; von Hrn. J. Pelouze. 184

XIII. Notizen. Essiggeist, S. 190. — Wasserstoffhyperoxyd, S. 191. — Jodsaures Kali, S. 192. — Jodbarium, S. 192.

Zweites Stück.

I. Ueber eine eigenthümliche Klasse akustischer Figuren, und über gewisse Formen, welche Gruppen von Theilchen auf schwingenden elastischen Flächen annehmen; von M. Faraday. 193

II. Ueber die Formen und Zustände, welche Flüssigkeiten auf schwingenden Flächen annehmen; von Demselben. . . 220

III. Ueber die Fortpflanzung der Töne durch starre lineare Leiter und die dadurch bewirkte Resonanz; von Ch. Wheatstone. 251

IV. Ueber die Festigkeit der Körper; von Franz Anton Ritter v. Gerstner. 269

V. Versuche über die Erstarrungspunkte ternärer Legirungen aus Zinn, Blei und Zink; von A. F. und L. F. Svanberg. 280

VI. Ueber die Veränderung, welche die doppelte Strahlenbrechung durch Temperaturerhöhung erleidet; von F. Rudberg. 291

VII. Ueber epoptische Figuren des Arragonits ohne vorläufige Polarisation; von P. Erman. 302

VIII. Auszug eines Schreibens an Hrn. Quetelet von Hrn. Herschel über die optischen Eigenschaften der Farbenstrahlen im Borax. 308

Digitized by Google

Seite

IX. Ueber die Gitterfarben, in Bezug auf kleinere Höfe; von H. W. Dove 310

X. Ideen über die Isomerie; von J. Dumas 315

XI. Unterscheidung der Isomerie von ähnlichen Zuständen; von J. Berzelius 320

XII. Ueber eine isomerische Modification der Weinsteinsäure; von H. Braconnot 322

Pyro-Gallussäure 325

XIII. Untersuchungen über das Radical der Benzoësäure; von Wöhler und Liebig 325

XIV. Ueber den Einfluſs des Wassers auf eine groſse Anzahl chemischer Reactionen; von Pelouze 343

XV. Nachricht von früher im Orient gefallenen Aërolithen, mitgetheilt von F. Wilken 350

XVI. Cagnard de Latour's akustische Versuche 352

Drittes Stück.

I. Ueber die Veränderungen der Höhe, welche die Oberfläche des Kaspischen Meeres bis zum April des Jahres 1830 erlitten hat; von E. Lenz 353

II. Ueber den Mittelstand des Barometers am Meeresufer; von J. F. Schouw 395

III. Beschreibung eines neuen Barometers; von A. T. Kupffer 446

IV. Beobachtungen in Bezug auf die Capillarität beim Barometer.

1) Vom Prof. Bessel 451

2) Von Hrn. Dulong 455

3) Vom verewigten Bohnenberger 458

V. Ueber die Verdunstung von Flüssigkeiten aus Haarröhrchen; von G. Magnus 463

VI. Ueber das Radical der Benzoësäure; von F. Wöhler und J. Liebig. (Schluſs.) 465

VII. Untersuchung eines weiſsen granatartigen Minerals aus Norwegen; vom Grafen Trolle-Wachtmeister 485

Digitized by Google

Seite

VIII. Mineralogische Notizen (Pyrargyllit; Amphodelit; Tantalit von Tamela); von Nordenskiöld 487

IX. Ueber die Zusammensetzung einiger sächsischen Minerale; von C. M. Kersten 489

Viertes Stück.

I. Beitrag zur chemischen Zerlegung der organischen Körper in ihre Grundbestandtheile; von C. Brunner. 497

II. Ueber die Verbindungen von Wasserstoff und Kohlenstoff (Naphthalin, Paranaphthalin und Idrialin); von J. Dumas. 517

III. Ueber die kampherartigen Pflanzenstoffe und über einige ätherische Oele; von Demselben. 530

IV. Ueber das Kobalthyperoxyd; von H. Hefs. 542

V. Ueber das Wismuthhyperoxyd; von August Stromeyer. 548

VI. Ueber die Scheidung des Wismuths vom Blei; von Demselben. 553

VII. Ueber den Arsenikgehalt des Stollenwassers zu Reichenstein, in Schlesien; von N. W. Fischer. 554

VIII. Neues Mittel zur Verhütung der Oxydation von Stahl und Eisen; von Payen. 557

IX. Ueber die Dichtigkeit des Schwefeldampfs; von J. Dumas 559

X. Ueber ein neues natürliches schwefelsaures Kupferoxyd; von P. Berthier. 561

XI. Ueber das Färbende im Carneol. 562

Berichtigungen. 564

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1832, NEUNTES STÜCK.

I. *Ueber die geognostische Beschaffenheit der Liparischen Inseln. Schreiben an Hrn. Leopold von Buch von Friedr. Hoffmann.*

(Hiezu die Kupfertafeln I. II. III. IV.)

Unmöglich kann es hier wohl meine Absicht seyn, durch eine ausführliche Darstellung aller von uns beobachteten Verhältnisse gegenwärtig Ihre Aufmerksamkeit zu ermüden. Erlauben Sie mir daher nur Ihnen vorzugsweise von den Inseln, die wir gesehen haben, berichten zu dürfen; ganz besonders von den in der neusten Zeit so wenig studirten Inseln von Lipari, denen wir anhaltend, und zum Theil wider unseren Willen, eine bedeutende Zeit widmeten. Unter den anziehenden und lehrreichen Uebersichten, mit welchen Sie uns über die Verbreitung und Natur der Vulcane auf der Erdoberfläche beschenkt haben, nimmt diese allerdings äufserst unbedeutende Inselgruppe einen nur sehr untergeordneten und mit wenigen allgemeinen Andeutungen erfüllten Raum ein. Da ferner auch Sie selbst, wenn ich nicht irre, niemals dort waren, und sich seit Dolomieu und Spallanzani überhaupt Niemand der vollständigeren Untersuchung derselben unterzogen hat, so dürfen wir wohl hoffen, Ihnen einiges Neue und Willkommene aus jenen

Digitized by Google

Gegenden berichten zu können. Doch bitte ich Sie im Voraus um Verzeihung, wenn diefs hier nicht mit dem Grade von Ueberlegung und Sorgfalt geschehen kann, welche ich so gern allen an Sie gerichteten Mittheilungen stets zuwenden zu können mir die Freude machen möchte.

Gewifs mag es sehr schwer seyn, sich die Inselgruppe von Lipari mit den andern uns bekannten vulcanischen Systemen auf eine von der Natur selbst bezeichnete Weise in Verbindung zu setzen. Denn sie scheidet eine ansehnliche Gebirgskette von der inselförmig emporsteigenden Masse des Etna; ihre anscheinend äufserst unregelmäfsige Vertheilung folgt deutlich weder den so scharf bezeichneten, schroff abstürzenden Küstenlinien Siciliens, noch denen von Calabrien; und endlich wird zuletzt noch ihre mögliche Verbindung mit den Vulcanen in der Umgegend von Neapel durch keine einzige in die Augen fallende Thatsache bestätigt. Nicht genau so aber scheint sich's mit der Anordnung dieser Inseln unter einander zu verhalten; und wenn gleich freilich das Band nur sehr locker ist, durch welches wir uns die Glieder dieses kleinen Systems von Vulcanen als an einander gereiht denken dürfen, so glaube ich doch, dafs es nachweisbar wirklich vorhanden sey. Doch bevor ich mir erlaube, Ihnen diefs als Folge unserer dort ausgeführten Beobachtungen darzustellen, scheint es passend, Ihnen die übersichtliche Beschreibung dieser Inseln in der Reihenfolge voranzuschicken, in welcher wir dieselben auf dem letzten unserer Ausflüge besucht haben.

Das erste unter den Gliedern jener Kette, und das unstreitig auch am meisten isolirt stehende, welches uns beschäftigte, war der immer thätige, ewig dampfende *Stromboli.* Ein kegelförmiger, steil aufsteigender Berg, dessen Gipfel wir nach unseren Barometermessungen zu 2775 Fufs Erhebung über dem Meere fanden, und von kaum mehr als zwei Stunden im Umkreise an seiner Basis, scheint wenig dazu geeignet zu seyn, um in ihm etwas Anderes

Digitized by Google

als den über den Meeresspiegel hervorragenden Gipfel eines frisch aufgeschichteten Schuttkegels vulcanischer Erzeugnisse vorauszusetzen. Doch schon ein Blick auf die neulich Ihnen zugesendete Charte kann uns lehren, dafs in der That dieses Bild nicht das wahre sey. An der einzigen für die Fischerbarken und kleineren Küstenfahrer, welche auf Stromboli zu landen vermögen, zugänglichen Küste, die wir zuerst am 21. December vorigen Jahres besuchten, um hier fast drei Wochen lang das Leben einer Gesellschaft von Schiffbrüchigen zu führen; unter den Kirchen von S. Vicenzo und S. Bartolo dehnt sich ein sanft geneigtes Vorland an der Basis des sonst überall ringsum steil abgeschnittenen Kegelberges aus, das der Bewohnung und dem Anbau die am meisten geeignete Grundlage darbietet. Die Hauptmasse dieses Vorlandes ist ein schwarzer, sehr feinkörniger Eruptions Sand. Ausschliefslich wird er gebildet aus sehr kleinen Bruchstückchen von schwarzem Pyroxen, minder häufigen Olivin- und nur seltenen glasigen Feldspathkörnern. Aus dem Sande sieht man ausragend am Meere insbesonders noch die Reste zweier Lavaströme. Schwarz, reich an Schlakkenkruste und oft Schlackenbrocken einhüllend, ist die Hauptmasse dieser unregelmäfsigen Lavastreifen, stets sehr porös und von gleichförmigem, fast groberdigem Gefüge, voll weifser Feldspathflecken, sehr reich an Augit, und mit nur einzeln eingestreuten Olivinkörnern. Sie gleicht fast den Laven, welche vom Etna kommen; doch mehr noch, durch ihr stets unreines Korn und den Mangel grofser gleichförmiger Felsmassen, der Lava des so wohl bekannten Stromes dell' Arso auf Ischia. Ganz ihr gleich ist die Natur jener Laven, welche noch heute stets der Crater dieser Insel bildet, und in Stücken, welche wir noch glühend davon sammelten, waren zwar Augitkörner vorzugsweise die häufigsten, doch fanden sich auch immer darin sehr zahlreiche Feldspathkrystalle und vereinzelte Olivinflocken wieder.

Digitized by Google

Von dem Landungsplatze aufsteigend, sobald man die steilen Abhänge des Inselberges erreicht hat, sieht man indefs sehr bald einen ausgezeichnet verschiedenartigen Charakter in der Zusammensetzung des Landes hervortreten. Man findet, dafs parallel mit der Oberfläche des Abhangs bandartige mächtige Lavabänke, abwechselnd mit Conglomeraten von, aus ihren Schlackenkrusten gebildeten Bruchstücken und mit hellfarbigen Tuffbänken, überall rings umher aufsetzen. Und die Natur dieser Gesteine ist sehr wesentlich von den gleichnamigen Producten verschieden, welche der gegenwärtig ihr Inneres durchbrechende Vulcan liefert. Die Lavamasse vor Allem ist bereits an der Oberfläche sehr abweichend von den Producten der noch fortdauernden Ausbrüche, stets von dunkelrother Eisenfarbe. Ihr Inneres aber ist fast immer von blafs röthlichgrauer Färbung; ihre Grundmasse stets dicht oder feinkörnig, ein wahrer dichter Feldspath oder *Thonstein*, nur sehr selten blasig, nie so rauh oder so scharf, wie wir es an neuen Laven gewöhnt sind. In dieser Grundmasse stecken sehr häufig dunkel schwarzgrüne Augitnadeln. In Handstücken gleicht das Ganze auf's Täuschendste manchen Porphyren des Flözgebirges, und wir können nicht umhin, es *Trachytporphyr* oder *porphyrartige Trachytlava* zu nennen. Denn dafs dieses Gestein einst geflossen sey, dafs es wirklich wahre Ströme bilde, dafür bürgen seine gesammten Verhältnisse. Seine Schlackenkrusten auf der oberen und der unteren Fläche der Platten, welche es bildet, sind beständig sehr deutlich, doch niemals bedeutend stark, oder so rauh und unregelmäfsig, wie an frisch geflossenen Lavaströmen. Der Tuff, welcher stets gleichförmig geschichtet dazwischen liegt, ist von hell braungelber Farbe, voll Lavastückchen und sehr häufig mit fufsstarken Streifen lockerer, feinblasiger und bis faustgrofser Bimssteine durchzogen. Dieses Terrain mag in sehr ungleichen Verhältnissen des Wechsels und der Mächtigkeit reichlich zwei Drittheile

Digitized by Google

von der Oberfläche der Insel bedecken. Seine Masse bildet den Kern und das Gerippe des ganzen Kegelberges, und mantelförmig concentrisch über einander gelagert, zeigen überall die Einschnitte und die steil abgerissenen Küstenprofile diesen eben erwähnten Wechsel von Trachytlaven, ihren Conglomeraten und Tuffbänken, welche von dem Mittelpunkte abwärts, meist immer mit etwa 25° bis 30° Neigung dem Umkreise zufallen. Fast immer ist in allen diesen Durchschnitten die Lavamasse bei weitem die vorwaltende, und ihre theils an der Oberfläche, theils in scharf eingerissenen engen Schluchten ausragenden Felsmassen gleichen dann in Form und Farbe so auffallend den rothen Porphyrfelsen, welche mit den zu ihnen gehörigen Conglomeraten wechseln, daſs man bei ihrem Anblicke leichter an den *Thüringer Wald* oder die Durchschnitte des *Saalkreises* denken möchte, als an die Laven und Schlackenwürfe von Stromboli.

Besonders ist es die Ostküste und der ganze steile Abhang derselben, welcher diese wahrhaft befremdende, uns nicht wenig in Erstaunen setzende Thatsache darbietet. Aus der schwarzen höheren Sandüberschüttung, die in alle Vertiefungen eindringt, ragen überall hier die massigen groſsen Felskämme hervor, welche die Zerklüftung von oft 20 bis 30 Fuſs dicken Lavabänken erzeugt hat.

So begleiteten uns dieselben Verhältnisse stets bis sehr nahe zum Gipfel. Doch etwa noch 200 bis 300 Fuſs tiefer, und bevor man die höchste Spitze des Berges erreicht hat, zeigt sich uns das Ende dieser Erscheinung in dem Ausgehenden der Lava- und Tuffbänke, welche ringförmig fast wagerecht fortlaufen, und wir stehen so auf dem Rande einer craterförmigen Bildung, welche wir leicht einen *Erhebungscrater* nennen dürften. Doch der Ring dieses Erhebungscraters ist, wie wir nun sehr deutlich sehen können, nur zur Hälfte wirklich gebildet, oder zur Hälfte vielleicht einst wieder zerstört worden. Eine von SW. nach NO. durchsetzende Ab-

Digitized by

sturzlinie begränzt seine vorspringenden Endspitzen. Wir treten jetzt, sobald wir die ausgehenden Felsenränder verlassen haben, in das Gebiet seines sich fortwährend entwickelnden Eruptionskegels. Ein Rücken, ganz aus Asche, schwarzem Sand und grofsen Schlackenklumpen gebildet, erhebt sich noch vor uns; und hinaufsteigend stehen wir sehr bald an dem oberen Theile des Randes von der immer thätigen Werkstätte, welcher die Insel ihre Entstehung verdankt. Der Gipfel, welchen wir gegenwärtig erreicht haben, ist gleichfalls ein halbkreisförmig geordneter schmaler Bergkamm; und der neue wie der alte Crater öffnen sich mit nur halb erhaltenen Wänden ihrer Einfassung, der eine in dem andern, gegen das Meer hin, in Nordwest steil abgerissen, ja fast senkrecht sind die locker zusammengebackenen Felswände, welche das Innere von der Einfassung dieses gegenwärigen Eruptionscraters bilden. In dem Sande dieses gleichfalls aufserordentlich deutlich und regelmäfsig geschichteten inneren Ringes, dessen Schichten meist sehr steil, theils nach aufsen, theils nach innen, fallen, finden sich zahlreich zerstreut viele Tausende von, oft vollkommen ausgebildeten Augitkrystallen, und nächst den vorherrschend schweren, schwarzen, kuchenförmig zusammengeballten Schlackenklumpen, welche vielfach umher liegen, sieht man hier häufig grofse Stücke von sehr leichten, feinschaumigen und lichtgrauen, glasglänzenden Bimssteinen, welche bei leiser Berührung zu Pulver zerfallen, und in welchen sich nicht selten die oft langgezogenen, seidenglänzenden Fasern zu fadenförmigen Schlackenmassen ausbilden, welche, lang und oft seilförmig gedreht, sich sehr wunderlich ausnehmen. Es sind diefs die einzigen wahrhaft glasartigen Bildungen, welche wir unter den Producten von Stromboli bemerkt haben.

In dem inneren tiefsten Theile jener Biegung, welche die mantelförmige Einfassung des alten Erhebungscraters bildet, hängen die Aufschüttungen des neuen Erup-

Digitized by Google

tionskegels fast unmittelbar und ohne merklichen Absatz bei gleich bleibender Böschung mit den Rändern der alten Lavabänke zusammen, und das Innere des alten Craters ist hier vollkommen von den Bildungen des neuen erfüllt worden. In SW. und NO. aber ragen die Flügel der alten Einfassung an ihren vorspringenden Enden zum Theil noch frei abgelöst aus der neueren Ueberschüttung hervor, und ein Theil von den inneren Wänden des Erhebungscraters fesselt besonders an der Südwestseite die Aufmerksamkeit des Beobachters. Hier geht der Weg, welcher von S. Vincenzo nach dem auf der anderen Seite der Insel gelegenen unbedeutenden Dörfchen Inostra führt, sehr steil in der eng eingeschnittenen merkwürdigen Schlucht hinunter, welche zur Linken eine Zeit lang die Wände des Erhebungscraters, zur Rechten aber die äufseren Abhänge des hoch aufgeschütteten Eruptionskegels bilden.

Gewifs ist die Richtung jenes Weges wohl der stärkste in die Augen springende Beweis von der furchtbaren Schroffheit und Zerrissenheit der zwischen S. Vincenzo und Inostra liegenden Felsenküste. Denn anstatt seine Strafse längs dem Meeresspiegel zu nehmen, von welchem beide genannten Orte bespühlt werden, ist man genöthigt, hier sehr mühselig über hoch aufgeschüttete, steil geneigte Sandflächen reichlich 2500 Fufs hoch erst bergaufwärts zu waten, und dann eben so steil wieder auf der andern Seite bergunter zu steigen. Und nicht immer ist man hier, selbst auf dem Scheitelpunkte des Weges, vor den fortwährenden Ausbrüchen des Craters gesichert. Denn kein Tag geht hier leicht ohne sichtbare Erzitterung des Bodens vorüber, und am freistehenden Theile von den Wänden der alten Caldera hängen vielfach, oft in wunderlich verdrehten Gestalten fest angebacken, die zähflüssig, bei heftigen Eruptionen hier hergeschleuderten Schlakkenstücke. Dort herrschen, nach den Ansichten der Einwohner, die bösen Demoni, und scheu eilt der Wanderer vorüber, wenn er den unterirdischen Donner empfin-

Digitized by Google

det, und mit klirrendem Geräusch dann stets die ausgeworfenen Lavastücke an dem Abhange des Eruptionskegels herabpoltern sieht, welche fortdauernde Ausbrüche hier herüber werfen. Der freistehende Theil von den Wänden des Erhebungscraters wird hier durch die ausragenden Schichtenköpfe wenigstens zwanzig über einander gelagerter, oft sehr dicker Lavabänke gebildet. Zwischen ihnen liegen die aus ihren Bruchstücken zusammengesetzten, ausgezeichnet anhydrischen Conglomeratstreifen, und senkrechte *Gangplatten* derselben Trachytaven durchschneiden diese Bildungen oft in ansehnlicher Stärke, doch ohne wenigstens bei denen, welche wir untersuchten, eine auffallende Erscheinung zu bewirken. Steil hinunter, wie ein Alpenpfad über Porphyr- und Granitfelsen, stürzt der Weg nach Inostra; doch wir wollen jetzt zu den Rändern jenes inneren halben Ringes zurückkehren, welcher die Einfassung des neuen Eruptionskraters bildet.

Dieser Crater mag von SW. nach NO. an den Enden seiner Oeffnung gegen das Meer hin einen Durchmesser von reichlich 2000 Fufs, oder vollkommen zwei Drittel einer halben Miglie besitzen. In etwa 600 Fufs mittlerer Tiefe unter dem Gipfel seiner Einfassung, also fast in vier Fünftel von der Höhe des ganzen Berges, liegen in ihm auf dem hügelreichen schwarzen Sandboden die fortwährend sich verändernden Mündungen seines immer thätigen Feuerschlundes. Wir sahen derselben gegenwärtig drei, die wir bei wiederholten Besuchen stets sehr deutlich von einander unterscheiden konnten; doch sollen ihrer, nach Zeit und Umständen der Zahl und der Gröfse nach sehr verschiedene vorhanden seyn, und man sprach uns dort mehrfach von sieben, welche noch kurz zuvor waren, und nach dem Winde oder der Witterung abwechselnd in Ruhe oder in Thätigkeit gewesen seyen. Von denen, welche wir beobachteten, mochte die Hauptmündung ziemlich genau in der Mitte von dem Crateringe liegen, und ihr Durchmesser war reichlich 200 Fufs

Digitized by Google

grofs. Sie dampfte stets nur sanft und sehr gleichförmig, und zahlreiche hochgelbe Schwefelkrusten bekleideten die Wände ihres Schornsteins.

Ihr zur Linken, oder mehr gegen SW., der Basis der inneren Craterwände genähert, lag, in gleichem Niveau etwa, eine viel kleinere Oeffnung, wie der Schacht eines Hohofens gebildet und von etwa 20 Fuſs im Durchmesser, und diese war es, welche nicht nur heftig weiſse Dampfwolken hervorstieſs, sondern ununterbrochen kleinere oder gröſsere Explosionen machte, deren Anblick von *dem* Rande der ihr zunächst stehenden seiger aufsteigenden Craterwand ein gleich anziehendes und lehrreiches Schauspiel gewährte. Unstreitig war es ein ähnlicher Standpunkt, von wo aus zuerst hier der emsige Spallanzani einen Blick in das Innere der vulcanischen Werkstätte werfen konnte, und wahrlich es mag wenig Observatorien in der Welt geben, von wo aus man so ruhig dem Zusammenhange der Erscheinungen zuzuschauen vermag, welche ein in Thätigkeit befindlicher Vulcan darbietet. Drei Mal waren wir dort mehrere Stunden lang auf den Boden hingelagert, und den Kopf über die fast überhängend hervorragende lockere Felswand hinausgestreckt, und fast immer waren wir so glücklich dort etwas Neues zu bemerken, das wir vorher unbeachtet gelassen hatten. In dem Inneren jenes rothglühenden Schlundes mochte die auf- und niedersteigende flüssige Lavasäule vielleicht noch stets etwa 20 bis 30 Fuſs tief unter der Oeffnung seines Schachtes zurückbleiben, und wenn gleich wir ihre Oberfläche des dicken Dampfes und der etwas seitwärts gebogenen Richtung der Mündung wegen nur im Augenblicke des Ueberwallens gesehen haben, so zeigte es uns doch klar der Zusammenhang der Verhältnisse, daſs das Gewicht dieser Lavasäule nur durch die ungeheure Spannung erhitzter Wasserdämpfe getragen und bewegt werden könne. Das stets fortdauernde Spiel ihres Druckes und des Gegendruckes, welchen die im

Digitized by Google

Inneren zusammengeprefste elastische Flüssigkeit auf die zähflüssige Lavamasse ausübte, zeigte sich sehr schön durch ein fast taktmäfsiges und oft lange gleichförmig anhaltendes Geräusch ausgedrückt, welches wir sehr füglich im Kleinen mit dem Puffen vergleichen können, das die eintretenden Luftströme an der Oeffnung von der inneren Thüre eines Flammenofens veranlassen. Fast in regelmäfsigen, Secunden langen Abständen ertönte stets das ruckweise Puffen. Jedem Stofs folgte das Austreten eines lichtweifsen Dampfballons aus der Mündung, und mit ihm tanzten regelmäfsig, wie von unsichtbaren Kräften in die Höhe getrieben, kleine rothglühende Lavastückchen sehr mahlerisch bis zum Rande der Oeffnung hinauf. Jedes Austreten eines Dampfballons hatte eine Blase auf der flüssigkochenden Lava in die Höhe getrieben, und ihr Platzen hatte die abgesprengten Stücke ihrer Oberfläche mit der schnell frei gewordenen Dampfmenge hinaufgerissen. So dauerte dieses Schauspiel, äufserst sanft und sehr gleichförmig, oft mehr als eine Viertelstunde lang. Kein fremdartiger Laut unterbrach dieses einförmige Aufbrodeln; der Vulcan schien in die Werkstätte einer heifsen Mineralquelle verwandelt. Dann aber sah man oft plötzlich in sehr unregelmäfsigen Abständen den sich fortwährend entwickelnden Dampfballon ruckend stehen bleiben, und wie unschlüssig mit anfangender Bewegung in die Cratermündung zurückschlagen. Stets gleichzeitig empfanden wir ein oft schreckhaft uns durchfahrendes Erzittern des Bodens, begleitet von oft sehr sichtbaren Schwankungen der lockeren Craterwände. Unmittelbar darauf aber erscholl dann ein dumpf polterndes Getöse, und mit helltönendem Geprassel schofs ein Dampfklumpen aus der Crateröffnung. Mit ihm fuhren dann zugleich Tausende glühender Lavastücke, garbenförmig sich ausbreitend, in die Höhe, und im Bogen stürzten sie wieder auf die Mündung oder die umgebenden Schlakken- und Sandwände. Die Oberfläche der so aufgebläh-

Digitized by Google

ı hoch aufspritzenden Lava sahen wir deutlich dann, sonders ein Mal, an den Wänden von dem Schachte er Mündung hoch hinauf schwanken. Sie bildete dann, ran hängenbleibend, zwei malerische Ströme, die sich lösend wieder in den Crater zurückflossen. Die hinsgeschleuderten Theile ihrer in Blasenform zerplatzten berfläche aber flogen weit durch die Luft, und im ederfallen sich drehend oder zerreifsend und zu Troen ballend, klangen die kleineren unter ihnen bereits ll wie erkaltete Glasscherben, wenn sie hüpfend an n Abhängen hinabrollten. Einige ausgezeichnete dieser 'ürfe mochten die äufsersten ihrer Steinbrocken reichh bis zu 1200 Fufs Höhe treiben; und wiewohl wir rch den Wind vor dem Annähern derselben geschützt ıren, so schlug uns doch die bei plötzlichen solchen ısbrüchen auf ein Mal rings umher verbreitete Hitze ır lebhaft in's Gesicht, und gar einmal ging ein unerırtet herausplatzender Wurf grofser Schlackenstücke ch über unseren Köpfen weg, und wir hörten sie bald rauf dann hell klingend, hinter uns am äufseren Abnge des Eruptionskegels herabrollen. Gewöhnlich trat ts nach dem Ausstofsen eines solchen bedeutenden einwurfs eine augenblickliche Ruhe ein; doch auch oft gten sich fast unmittelbar auf einander zwei gröfsere lche Ausbrüche, und dann begann nach wenigen Sennden wieder taktmäfsig das eben erwähnte Puffen und raufianzen der abgerissenen Lavastückchen.

Diefs waren die wesentlichsten Erscheinungen, wele unser beneidenswerther Standpunkt uns an der zweiı unter den Cratermündungen von Stromboli zu beobhten gestattete, und wir sahen sie nur zuweilen sich n Umständen gemäfs modificiren, je nachdem die Lasäule in dem Ofenschachte höher oder tiefer stand, je chdem sie dünnflüssiger oder mehr zähe war, und dem ımpf ohne Steinwürfe, aber mit heftigeren Erschütterun1 und stärkerem Getöse, dann den Ausgang gestattete.

Doch ich enthalte mich einer Ausführung dieser stets momentan sehr ergreifenden und stets lehrreichen Specialverhältnisse. Was wir an der oben erwähnten Stelle bemerkt hatten, war unstreitig indefs wohl nichts Anderes, als ein zufälliger und schlecht durch die hinaufgedrängte Lavamasse verschlossener Seitenrifs in der einfachen Canalverbindung des Druckwerks, oder der Dampfpresse, welche sich im Inneren dieses merkwürdigen Berges befindet. Etwa 100 Fufs tiefer nämlich, und da wo sich der Craterboden dem Abhange des Berges gegen das Meer nähert, lag die dritte unter den oben erwähnten Mündungen, und aus ihr quoll stets sanft und sehr gleichförmig ein kleiner Lavastrom, langsam fortgleitend, am Abhange hinunter. Theils in zahlreichen Zweigen sich ausbreitend, oder oft nur ein einfacher Gluthstreifen, wie die Quellen, welche durch den Gegendruck auf der Höhe eines Hügels entspringen, welchen sie selbst aus ihren Absätzen gebildet haben. Doch man sieht diese nie aufhörende Ergiefsung frischer Lavamasse nirgends schöner als von unten her, wenn man im Boote bei stillem Wetter an der unzugänglichen Nordküste herum rudert; und man bemerkt dann, was so häufig schon beschrieben und geschildert wurde, dafs ich kaum es noch wage, einige Worte über diese merkwürdige Erscheinung hinzuzufügen. Der Abhang von dem inneren Theile des gegenwärtigen Eruptionscraters ist der steilste und zugleich auch der gleichförmigste von allen im Umkreise des Eilandes. Ihn bildet eine nach unten kegelförmig sich ausbreitende Schutthalde von lose über einander gerollten Schlackenstücken, Producte der stets fortdauernden Ausbrüche, und er wird eingefafst in O. und in W. von den schwach vorspringenden Felsrändern, die nach oben hin sich mit dem inneren Saum des Craterrings verbinden. Ein Verhältnifs, welches die Umrisse der Charte sehr gut zeigen. Auf der Oberfläche dieser, offenbar eine Spalte in den Bergwänden zudeckenden, Schlackenhalde aber beweg

ch langsam fortschreitend über ihren zahlreichen Un-
benheiten der eben erwähnte nie versiegende Lavastrom; och erreicht er nur in sehr seltenen Fällen, wenn der ulcan in einer ungewöhnlichen Aufregung sich befindet, ie Basis des Berges an dem Meeresspiegel. Da die Iasse der stets nachdringenden Lava nämlich fast immer ur sehr gering ist, so erschöpfen sich ihre Enden meist chon in sehr ansehnlicher Erhebung über dem Meere, urch das Abstoſsen der stets neu an ihren Oberflächen ch fortbildenden Schlackenkrusten; und was von diesen aum noch erhärtet von der Oberfläche des Stromes sich bsondert, stürzt polternd an dem sehr steil geneigten bhange, oft mit ansehnlichen Sprüngen, in's Meer nieder. o sieht man also das kaum noch vollendete Erzeugniſs ieses merkwürdigen Feuerberges sogleich wieder ein aub der ihn annagenden Wellen werden, und seitdem ir dieses ununterbrochene Losreiſsen und Verschwinden er von ihm gebildeten Steinmassen mehrmals mit Er- taunen wieder bewundert haben, scheint mir fast, als önne wohl die von Hrn. Poulett Scroope versuchte rklärung der stets fortdauernden schwachen Ausbrüche on Stromboli den Gebirgsforscher auf die richtige Spur eiten. Das Meer ist, wie Sie aus Smyth's schöner harte ersehen werden, gleich unmittelbar an der Basis ieses Schuttkegels noch reichlich nahe an 400 Fuſs tief; eine Tiefe hat zugleich, wunderbar genug wohl, so weit nsere Kunde reicht, hier nie merklich abgenommen, und o lange daher den Producten des Vulcans dieses Auf- ammeln in dem bodenlosen Behälter ihrer gegenwärtigen ernichtung zu Theil wird, kann der stets ruhige Ab- luſs seiner nachdrängenden Erzeugnisse nicht ausbleiben.

Doch der Anblick von der Schutthalde und dem auf hr sich herabsenkenden Lavastreifen, welchen die hier Vorüberreisenden gewöhnlich bei der Dunkelheit der Nacht zu bewundern pflegen, gestattet uns beim Tages- ichte noch eine andere geognostische, nicht minder an-

ziehende Erscheinung zu beobachten. Man sieht nämlich an den vorspringenden steilen Felswänden, welche der Schlackenhalde zur Einfassung dienen, zwei wahrhaft prachtvolle Durchschnitte entblöfst, welche uns das Skelett von dem neuen Theile dieser Insel mit nirgend vielleicht so wiederkehrender Deutlichkeit und Schönheit vor Augen legen. Hunderte von bandartig über einander gelagerten Lavaströmen senken sich hier insbesonders an der Punta Zarosa, doch auch sehr schön an dem ihr gegenüberliegenden Vorsprunge, und meist unter sehr steiler Neigung in's Meer nieder. Zwischen ihnen lagern sich oft fest zusammengebackene Schlacken-Conglomerate und lockere Sandschichten, und ihr Verlauf ist im Allgemeinen so regelmäfsig, dafs man von fernher sie für Felsmassen eines stark geschichteten Flözgebirges halten würde, widerlegte nicht die Farbe und der Anblick der Umgebungen diese sonderbare Voraussetzung. Nur selten sieht man bei näherer Betrachtung einzelne Lavaströme hier sich unregelmäfsig und mit Krümmungen, welche grottenähnliche Räume zurücklassen, durch die lockeren Substanzen hindurchwinden, und einzelne ihrer Schichtenmassen abschneidend, bewirken sie meist sehr unbedeutende Störungen. Sehr schön aber, und merkwürdig sind auch hier, und besonders an der Westseite, seiger durchsetzende *Gangplatten*, welche genau an die oben erwähnten an den inneren Wänden des alten äufseren Rings erinnern. Diese Laven aber sind sehr entschieden neu, und gehören noch dem heutigen Eruptionskegel. Das beweist uns nicht sowohl ihre oben bereits berührte Beschaffenheit, sondern mehr noch, man sieht sie selbst von unten her die hervorragenden Felszacken des Erhebungscraters einhüllen, und sanft endlich bilden sie ostwärts nach S. Bartolo, west und südwärts nach Inostra, einen weit, längs der Küstenlinien sich fortsetzenden Vorsprung, der die Basis des alten Berges noch sehr deutlich in die Producte seines neuen Vulcans taucht. Ich habe mich be-

Digitized by Google

müht, diefs Verhältnifs durch die Führung der Gränzen auf der beiliegenden Charte (Taf. IV) auszudrücken, so wie es ebenfalls die von Hrn. Escher entworfene Zeichnung, Taf. I Fig. 1, zeigt, auf welcher Sie eine Andeutung aller wesentlichen in dem Vorhergehenden berichteten Erscheinungen finden. Dem Gesagten kann ich endlich nur noch hinzufügen, dafs es wirklich in den von dem neuen Crater entfernten Theilen der Küste oft äufserst schwer ist, sicher auszumitteln, ob die an der Basis des alten Berges auftretenden Massen neuer Laven stets zu den Erzeugnissen des gegenwärtigen Craters gehören, oder ob sie nicht zuweilen sich aus Spalten in der Decke des Erhebungscraters vordrängten. Diefs letztere ist im Osttheile der Insel ganz entschieden wohl an einigen Stellen der Fall gewesen, wo die Regelmäfsigkeit der Verbreitung alter Lavenschlacken und Tuffbänke äufserst auffallend hin und wieder durch dazwischen tretende kurze Lavastreifen gestört wird, welche in allen ihren Verhältnissen die Beschaffenheit neuer Bildungen entblöfsen. Unerachtet sich indefs hier die Spuren solcher lateralen Ausbrüche wirklich nachweisen lassen, so fehlen doch dem Hauptkegel von Stromboli alle Beispiele an ihm ausgebildeter secundärer Eruptionskegel, und selbst an dem ganz aus Schlacken bestehenden Hügel, welcher die Kirche von S. Vincenzo trägt, sind die Eigenheiten der Form und der Stellung eines Eruptionskegels völlig verloren gegangen, oder sie haben vielleicht auch nie an ihm stattgefunden.

Etwa in funfzehn Miglien Entfernung von Stromboli gegen SW. zeigt sich vorragend aus dem Meere jene zusammenhängende Felsengruppe, deren Hauptinsel der hoch aufsteigende *Panaria*, und nächst dem der viel minder bedeutende *Basiluzzo* bildet. Wir besuchten sie am 7. Jan. d. J., als uns ein sehr schöner stiller Tag in hohem Maafse für die zahlreichen Entbehrungen entschädigte, deren wir während eines neunzehntägigen Aufenthalts auf

Digitized by Google

Stromboli so mannigfaltige und unwillkommene hatten erdulden müssen. Der erste dieser Felsen, welchen die Witterung uns genauer zu untersuchen gestattete, war das Stromboli am nächsten liegende Basiluzzo. Schon die Annäherung von fernher überzeugte uns, dafs es sich hier nicht mehr um eine Insel von so abgeschlossener in sich ausgebildeter Beschaffenheit handelt, als jene, welche wir so eben erst verlassen hatten. Denn die Gestalt von Basiluzzo ist nicht kegelförmig. Sondern sanft gegen SO. abfallend, und senkrecht, oder doch sehr steil gegen NW. abstürzend, gleicht es vielmehr nur dem Bruchstücke eines zum grofsen Theile zerstörten Bergrückens, dem stehen gebliebenen Splitter einer vom Meere zertrümmerten Bergkette vielmehr, als dem Reste einer einst hier vorhandenen Eruptionsinsel. Nach Dolomieu's und Spallanzani's übereinstimmenden und ausdrücklich bestätigten Zeugnissen durften wir in der That auch erwarten, dafs hier eine ganz andere Gebirgsbildung als jene von Stromboli müsse gefunden werden. Denn beide Beobachter versichern uns ausdrücklich, dafs das Gestein dieser Insel einen wahren Granit bilde, deutlich zusammengesetzt aus Feldspathkörnern, Glimmer und unleugbaren Quarzkörnern; und wahrlich auch die Gestaltung der stark ausgezackten Felsmassen, welche ihre furchtbar steilen Küstenränder umgeben, gleicht in hohem Grade den Nadeln und den Zahngestalten des Urgebirges auf den Gipfeln hoher Alpenketten, von welchen uns unter andern der unmittelbar neben Basiluzzo liegende Felsen Spinalozzo ein sehr schönes Modell liefert. Keine Schichtung ferner, welche dem Wechsel jener oben erwähnten Lava-, Tuff- und Conglomeratbänke verglichen werden könnte, trifft das Auge bei dem Anblicke dieser nackten Felswände. Wir waren daher im höchsten Grade begierig diese viel versprechende Klippe in der Nähe zu untersuchen, und wenn wir gleich auch die erst ausgesprochene unserer Erwartungen nun nicht erfüllt

fan

Digitized by Google

fanden, so sahen wir doch immer noch genug, um uns den Besuch dieser merkwürdigen Insel stets unvergefslich bleiben zu lassen.

Das Gestein, welches herrschend und durchaus ohne alle Unterbrechung mit fremdartigen Massen Basiluzzo bildet, ist von vorwaltend blafsrother oder röthlichgrauer Grundfarbe. Seine Hauptmasse ist weich, locker, erdig und fast zerreiblich, selbst an frisch gewonnenen Bruchflächen, und sehr wahrscheinlich ist es ein unreiner Feldspath oder Thonstein, wie es so häufig in den Porphyren vorkommt. In der Hauptmasse sehr zahlreich eingestreut liegen viel schneeweifse und 1 bis 2 Linien lange Krystalle von sehr reinem glasigen Feldspath, und mit ihnen eine grofse Zahl von etwa liniengrofsen, stark glänzenden Glimmertafeln, sehr dünn und stets vollkommen scharf sechsseitig. Zu dem Allem aber gesellt sich dann ferner noch eine sehr bedeutende Zahl kleiner lichtgrauer und stumpfeckiger Glas- oder Emailkörner. Oft sehr lebhaft fettglänzend und spröde, doch wohl nicht ganz so hart, als der Quarz ist, erinnern sie nichts destoweniger sehr stark an diesen, in den vulcanischen Producten unserer gegenwärtigen Epoche so merkwürdig seltenen Bestandtheil. Doch ihr Vorkommen ist wesentlich verschieden von der Art, wie der Quarz sich im Granit, oder selbst auch nur in den mit ihm so verwandten Porphyren zeigt. Wir finden nämlich diese erwähnten Emailkörner nicht gleichförmig in porphyrartigem oder in granitisch körnigem Gefüge mit dem Feldspath und den Glimmerblättern verwachsen, sondern sie reihen sich, oder finden sich gedrängt in sehr gleichförmigen und auffallenden Parallelstreifen, welche die Grundmasse sehr ausgezeichnet in sanft gebogenen Windungen durchsetzen. Diese merkwürdigen Streifen, welche wir mit nichts besser vergleichen können, als mit den, im Bimsstein und in den blasenreichen Feldspathlaven Ihnen so wohl bekannten parallelen Obsidianstreifen, wiederholen sich gewöhn-

Digitized by Google

lich in Abständen von 1 bis zu 3 Zoll Entfernung, und sie theilen dadurch das Gestein in unzählige, sich leicht absondernde Tafeln. Sein Gefüge aber ist dadurch vollkommen verwachsen schiefrig, oder so flasrig, wie der Gneis es nur seyn kann, und in der Richtung dieser Flasern ist selbst noch für ansehnliche Strecken eine auffallende Regelmäſsigkeit sichtbar. Fast längs der ganzen West- oder Südwest-Seite zeigt sich diese Flaserung mit sehr wenigen Ausnahmen stets wagerecht; gegen Südost aber, besonders an der Landungsstelle, sind die Flasern äuſserst steil geneigt, und sie fallen selbst nicht selten gerade senkrecht, oder sie wenden sich wohl auch sehr häufig in scharfeckigen und beim Gneis auch nicht ungewöhnlichen Zickzack-Linien, mit zahlreichen Verdrehungen und Verschiebungen.

Doch mit diesem rothgrauen Gestein innig verbunden und sehr oft darin übergehend, sahen wir sehr häufig zugleich noch ein anderes, das unsere höchste Bewunderung erregt hat. Von lichtweiſslichgrauer Grundfarbe und ganz körnig, gleicht es beim ersten flüchtigen Anblick so ganz einem gewöhnlichen Granite, daſs es sehr leicht könnte dafür gehalten werden. Eine etwas genauere Untersuchung dagegen lehrt uns, daſs es in der That von demselben noch sehr weit entfernt sey. Seine vorherrschende Grundmasse ist ein lichtweiſser und in stärkeren Körnern glasglänzender Feldspath, aber in einem Zustande des Vorkommens, welcher ihn auffallend vor allen anderen, die wir bis hieher gesehen haben, auszeichnet. Denn auf's Innigste durchdrungen von sehr feinen, stets der Länge nach neben einander liegenden Blasenräumen, sehen wir hier nicht mehr wahre Krystallkörner, sondern eine fast schaumige und aus seidenglänzenden Längenfasern, ganz dem Bimsstein gleich gebildete Substanz vor uns. Doch die Fasern ordnen sich stets so, daſs deren eine groſse Zahl sich in gleicher Richtung beisammen finden, und die Hauptfläche ihres Glanzes ist dann sehr

Digitized by Google

deutlich gewiſs immer die Lage der Hauptbruchfläche eines im Innersten aufgelockerten Krystallkornes. Doch es mag wohl sehr schwer seyn, diese merkwürdige Beschaffenheit durch Beschreibung richtig wiedergeben zu wollen. In der Hauptmasse dieses schaumigkörnigen Feldspathes, der in sehr geringem Abstande noch fast frisch und unversehrt scheint, zerstreuen sich äuſserst regelmäſsig die sechseckigen, schwarzen Glimmerblättchen, und die eben erst erwähnten Emailkörner vertheilen sich sehr häufig durch die Masse, wie der Quarz es im Granit thut. Doch man sieht wohl insbesonders an der Art der Verwachsung dieser Glaskörner mit dem schaumigfaserigen Feldspath, daſs sie kaum etwas Anderes werden seyn können, als die unentwickelt gebliebenen oder zu Klümpchen wieder zusammengeschmolzenen Theile dieser so ganz incohärent gewordenen Feldspathmasse, welche sich sichtlich aus ihnen herausbildet; und erst spätere Untersuchungen werden es entscheiden, ob hier die Feldspathsubstanz es allein sey, oder vielleicht in Verbindung einer mit ihr verschmolzenen Quarzmasse, wie ich in hohem Grade zu glauben geneigt wäre. Endlich findet sich übrigens dieselbe Art von Glasmasse hier auch nicht nur in einzelnen eingestreuten Körnern, sondern häufig auch in zusammenhängenden Adern und in Streifen, welche die oben erwähnte Flaserung erzeugen. Ja man sieht selbst ganze Handstücke, deren Hauptmasse dieses stets etwas körnige, roh perlsteinartige Glas ist, und in welcher porphyrartig eingesprengt jene Feldspathkörner und Glimmertafeln sich ausscheiden.

Solchergestalt ist die Felsmasse von ganz Basiluzzo gebildet, und sie findet sich stets gleichförmig bis zum Gipfel, dessen Höhe wir zu etwa 300 Fuſs über dem Meere schätzten. Auf der Oberfläche locker zerstreut liegen vereinzelte kleine Bimssteine; doch im Inneren dieser schönen Trachytmasse sahen wir nie etwas von untergeordneten Conglomeratschichten. Nur etwas auffal-

Digitized by Google

lend waren uns in ihr fest eingewachsene, stets rundliche Brocken oder Knollen eines schwarzen Gesteins, das wir beim ersten flüchtigen Anblick fast für Lavabrocken hätten ansprechen mögen. Sie sind, näher betrachtet, sehr feinkörnige Concretionen, die fast ganz aus schwarzen Glimmerkörnern gebildet scheinen; doch enthalten sie auch wahrscheinlich kleine Hornblendeflecken, und nicht selten einzelne weifse, glasige Feldspathkörner. Sehr oft sind sie blasig, und da, wo sie mit der Hauptmasse verwachsen sind, ist dieselbe gar nicht selten aus sie innig umschlingenden langen Bimssteinfasern gebildet, welche sich häufig in das Innere ihrer Blasenräume hineindrängen und fest darin anwachsen. Diese Knollen treten sowohl in dem weifsen als in dem rothen Gestein auf, und sind häufig bis kopfgrofs, doch gewöhnlich von sehr unbedeutendem Durchmesser. Sie erinnern einigermafsen an die Ihnen so wohl bekannten Einschlüsse in der merkwürdigen Peperino-Lava Neapels von den Abhängen des Camaldoli, doch liegen sie hier keineswegs, wie diese, mit der Längenrichtung den Flächen ihrer Flaserung nahe gleichförmig.

Basiluzzo gegenüber, und in kaum mehr als drei Miglien Entfernung, erhebt sich die sehr ansehnliche Felseninsel *Panaria*, nur von wenig geringerem Umfange als Stromboli, reichlich zu 800 bis 1000 Fufs über dem Meeresspiegel. Auch sie hat die Gestalt eines halbzerstörten Bergrückens, und sehr schroff, ja fast senkrecht, bis zu ihrem Gipfel sieht man die Felswände auch bei ihr an der N. und NW. Seite aufsteigen. Gegen S. und SO. aber fällt sie sanft ab, und hier ist es, wo einige tief eingeschnittene Buchten kleinen Barken einen sehr unsicheren und fast schutzlosen Strand bieten. Doch bevor wir diese Insel noch erreicht haben, erhebt sich, einer mit Zacken reich besetzten Pyramide vergleichbar, ringsum nackt abgerissen, der etwa 150 Fufs hohe Felsenkegel von Dattolo, und sehr nahe zur Linken liegen,

Digitized by Google

hart neben einander die sehr niedrigen, flachen Klippen, genannt Lisca bianca, Bottaro und Lisca nera. Wind und Wetter haben es uns leider nicht erlaubt, diese Felsen alle genauer zu erforschen, als es ihr Anblick beim Vorüberfahren uns gestatten wollte. Und doch ist insbesonders Lisca bianca und mit ihr Bottaro wohl recht merkwürdig durch die aus seinen Felsenspalten hervortretenden Dämpfe einer im Meere hier entspringenden warmen Schwefelquelle, welche das Gestein dieser Inseln äufserst auffallend gebleicht und zersetzt hat. Diefs Gestein aber ist, nach Dolomieu's und Spallanzani's übereinstimmender Aussage, ganz den Trachyten von Bassiluzzo ähnlich, und auch die Felsennadel von Dattolo entblöfst deutlich nichts Anderes, als eine zusammenhängend gebildete hellfarbige, plumpe Masse ohne zwischenliegende Conglomerat-Schichten. Lisca nera aber ist von auffallend schwarzer Farbe, und daher wahrscheinlich von neuer Lava gebildet. Und mit ihm auch die etwas entfernter liegenden schwarz herschauenden Tormicole.

Panaria's geologische Beschaffenheit haben wir freilich nur sehr unvollkommen untersuchen können, da uns ein herannahender Sturm von dort fortscheuchte. Doch wir sahen genug, um uns sicher überzeugt halten zu dürfen, dafs auch bei dieser so ansehnlichen Felsmasse nicht von ungleichförmigen über einander gelagerten Gesteinen von verschiedenartiger Bildung die Rede sey. Nein, das Ganze ist ein einförmiger, unglaublich massiver Felsklumpen, ohne untergeordnete Erscheinung zwischenliegender Gebirgsarten, gleich wie in eine zuvor ihm bereitete Form eingegossen. An der Südküste, welche allein wir besucht haben, auf dem kaum mehr als eine Miglie langen Wege von Vallata bis zur Cala piccola, war das Hauptgestein stets ein ausgezeichneter *Trachytporphyr* von sehr auffallender Entwicklung und Reinheit. Weit vorherrschend von blafs rothgrauer Grundmasse, dicht und groberdig

Digitized by Google

im Bruch, möchten wir sehr leicht geneigt seyn, es den Thonporphyren unserer älteren Secundär-Gebirge zu vergleichen. Denn es entwickeln sich aus der Grundmasse sehr zahlreich weiſse, glasglänzende Feldspathkörner, und mit ihnen sehr viele schwarze Nadeln, welche wir vollkommen berechtigt sind für Hornblende, und nicht für Augit anzusprechen. Auſser ihnen aber sieht man zuweilen noch olivenfarbene, glasglänzende Körner, von welchen wir gegenwärtig noch nicht wissen, ob wir sie für Olivin- oder für Augitkörner halten dürfen. Dieses Gestein zeigt im Kleinen keine andere, als sehr massige und gleichförmige Structur-Verhältnisse. Keine Schieferung oder Flaserung ist hier sichtbar, und im Groſsen theilt eine unregelmäſsige Zerklüftung seine Masse häufig in stumpfeckige und oft hausgroſse Felsklumpen, welche in malerischer Verwirrung an den Abhängen seiner Felswände über einander liegen. Seine Felsgestalten gleichen überdieſs jenen plumpen und fast keulenförmigen Steinmassen, wie sie häufig bei uns in den von Porphyr gebildeten Gebirgsgegenden auftreten. Jene Nadeln und scharfen Zacken, deren wir oben bei Basiluzzo erwähnt haben, zeigen sich hier ungleich seltener und bei weitem minder auffallend. Von dem Hauptgesteine sahen wir mehrfach äuſserst zahlreiche Varietäten, wie sie so häufig unter ähnlichen Umständen in den verwandten Sienitporphyren vorkommen. Sehr oft war die Grundmasse viel härter, dicht und splittrig, und glich ganz jener der sogenannten Hornsteinporphyre; ja wir fanden sie zuweilen dann in kleinen Stücken eisenroth und sehr dem Carniol gleichend.

Einzelne Stücke dieser Masse waren mit Krusten weiſsen Kieselsinters bekleidet; doch zeigte sich uns in ihrer Nähe keine Spur mehr von noch fortdauernden Fumarolen oder warmen Mineralquellen. In der Nähe von Cala piccola fand sich häufig eine Abart, deren graurothe Grundmasse feinkörnig und rauh war. Etwas genauer

Digitized by Google

betrachtet, zeigte sie sich aus ganz feinen Krystallschüppchen, wahrscheinlich von Feldspath gebildet, und erfüllt von fast immer sehr kleinen, feinen Blasenräumen und unregelmäfsigen Höhlungen. In diese letzteren sah man sehr oft dunkelbraune Fasern hineinsetzen, welche deutlich, unter der Loupe betrachtet, nichts Anderes waren, als die in eine bimssteinartige Masse verwandelten Theile der Grundlage, welche durch diese offenstehenden Räume Gelegenheit zum Aufblähen erhalten hatten. Ein anderer dieser Porphyrgesteine war von dunkelgrauer Grundmasse, und in ihm waren Bruchstücke der eisenrothen Gebirgsart fest eingebacken und durch Verwitterung an der Oberfläche ausragend; in anderen schienen die eingeschlossenen Bruchstücke fast den undeutlichen Charakter einer feinkörnigen und dünnblättrigen Gneismasse zu tragen. Noch andere unter den umherliegenden Blökken bei Cala piccola hatten vollkommen die Natur eines wahren Pechsteinporphyrs. Eine schwarze, dichte, schwach schimmernde und dem Glase bereits sehr nahe stehende Grundmasse war erfüllt mit sehr scharf begränzten weifsen, glasigen Feldspathkrystallen, und stets ohne Hornblende. Doch ich ende diese Aufzählung von Abarten einer merkwürdig sich gleich bleibenden Hauptmasse, deren sich bei näherer Untersuchung dieser Insel gewifs noch sehr viele finden möchten; und ich erwähne nur, dafs nächst dieser Gebirgsart sich am Meeresstrande, sowohl bei Vallatta, als auch bei Cala piccola, noch sehr deutliche Tuffbänke zeigen. Gebildet aus den fein geriebenen Brocken der umherliegenden Gesteine sind sie hier stets in wagerechten und sanft gegen das Meer geneigten Bänken gelagert, und man kann sie daher wohl kaum für etwas Anderes als für sehr neue und den Trachytporphyr stets bedeckende Bildungen halten. Denn, wie oben schon erwähnt, kann das Auge an den sehr nackten Felswänden, welche ganz Panaria einschliefsen, durchaus keine Spur von ihnen eingelagerten untergeord-

neten Schichten einer verschiedenartigen Gebirgsart entdecken.

Noch am Abende desselben Tages, der uns von Stromboli hieher brachte, verliefsen wir, genöthigt von den Umständen, diese merkwürdige Felsgruppe, um Schutz in dem besser gesicherten Hafen oder dem Landungsplatze von Lipari zu suchen. Doch bevor wir von hier scheiden, wird es vielleicht Ihnen nicht unpassend erscheinen, noch der zuerst, meines Wissens, von Dolomieu ausgesprochenen Vorstellung zu erwähnen, als gehörten diese zahlreichen Felsentrümmer den Resten eines zerstörten alten Craters, dessen vormalige Gröfse und Gestalt man sehr deutlich durch den Verlauf und die Formen der noch übriggebliebenen Theile desselben nachweisen könne. Dieser Crater soll, nach Dolomieu, einen Durchmesser von wahrscheinlich 6 Miglien gehabt haben, und er glaubt ihn, in seiner ursprünglichen Unversehrtheit, für die bei den Alten erwähnte Insel Evonymos ansprechen zu dürfen. Ungeachtet indefs Spallanzani diese Ansicht ausdrücklich bestätigte, so hat es uns doch bei der Anschauung der Oertlichkeiten durchaus nicht so scheinen wollen, als könne man aus der Gestalt und der Beschaffenheit dieser Inselgruppe auf ihren vormals von der Natur selbst bezeichneten Zusammenhang in der Form von den Rändern eines später zerstörten Craters schliefsen. Denn einmal sind die Gesteine, welche den Haupttheil dieser Felseninsel zusammensetzen, zwar sehr sicher das Product einer vorangegangenen Schmelzung, doch gewifs dürfen sie keineswegs als Lavamassen betrachtet werden, welche dem Rande einer einst hier bestandenen Cratermündung entströmt sind. Die Gestalt aber und die Lage dieser Felsmassen würde uns geradezu das Entgegengesetzte von dem beweisen, was die genannten Beobachter daraus ableiten zu können für möglich hielten. Denn weit davon entfernt, ihre Abstürze gemeinsam dem Mittelpunkte eines idealen Kreises, und die sanft geneig-

Digitized by Google

ten Abhänge dem äufseren Abhange desselben zuzukehren, finden wir vielmehr, dafs fast alle auf derselben Seite, gegen N. oder NW., steil abfallen, und meist sanft nach der entgegengesetzten, nach SO.; Panaria und Basiluzzo insbesondere zeigen dieses äufserst auffallende Verhältnifs ihrer Formen so sehr deutlich, dafs diefs selbst aus der kleinen Ihnen hier beigelegten Ansicht (siehe Taf. II Fig. 1) noch sehr vollkommen hervorleuchtet. Doch auch Dattolo ist sehr merklich gegen NW. viel steiler abgerissen, als an allen seinen anderen Seiten, und auch selbst Lisca bianca, so wie Bottaro, zeigen uns auffallend genug noch dieselbe Erscheinung. Sind daher diese vormals vielleicht zusammenhängenden Felsen in der Folge wirklich getrennt worden, so mufs die zersplitternde Ursache sie von NW. nach SO. überfallen haben. Doch wer bürgt uns auch dafür, dafs sie wirklich einst einen zusammenhängend über dem Meeresspiegel hervorragenden Berg bildeten. Vielleicht sind sie vielmehr die nur veränderten und abgenagten Theile einer ungleichförmig, zu ihrer gegenwärtigen Erhebung emporgetriebenen Masse von der Oberfläche des vormaligen Meeresgrundes.

Doch erlauben Sie mir gegenwärtig, Sie aus den klippenreichen Meeresgegenden von Panaria an die gastlichen Gestade der so freundlich gelegenen Hauptinsel Lipari hinüber zu führen, welche dem ganzen kleinen Archipelagus seinen Namen ertheilt hat, und deren überall leicht zugängliche Oberfläche uns der merkwürdigen Erscheinungen so zahlreiche darbietet. Schon der Anblick dieser Insel, insbesonders von der Ostseite, von wo aus wir sie zum ersten Male besucht haben, bekundet uns ihre auffallende und wesentliche Verschiedenheit von den eben beschriebenen Gliedern der ganzen Inselreihe. Denn sie ist weder ein vereinzelnt stehender Kegelberg, wie das ewig dampfende Stromboli, noch ein abgerissener, ganz massiger Felsblock, wie der unwirthliche, furchtbar

nackte Panaria, und die ihm nahe liegenden Inselfelsen. Ein nur mäfsig höher und lang gedehnter Bergrücken, dessen Ausdehnung von S. gegen N. hin, von Capo Capparo bis nach Capo Castagno, reichlich 7 Miglien betragen mag, entfaltet sich hier vor uns mit sanft wellenförmig gestalteten Umrissen, und symmetrisch fast ist die Ostküste in drei Meeresbuchten zerschnitten, deren flach abfallender Strand und die auf ihm gebauten weifsen Häuserreihen uns freundlich zum Anlanden einladen. Weit ausgeschweift ist die südlichste dieser Buchten, und ihr Inneres füllt die Hauptstadt von Lipari, zu beiden Seiten der im Mittelpunkte zu geringer Höhe senkrecht aufsteigenden Felsmasse, welche das malerische Castell trägt; rings umgeben von einem reich angebauten fruchtbaren Halbkreise. Ihr nordwärts, und getrennt durch die weit vorspringende Halbinsel der Monti rossi, liegt der anmuthige, ungleich minder grofse Meerbusen von Caneto, und von diesem endlich, durch die schneeweifsen Bimssteinabhänge des Monte Campo bianco geschieden, folgt die unbedeutende Bucht, welche Baja della Pomice genannt wird. Ihr Inneres zeigt die vereinzelnt stehenden Wohnungen des sehr unbedeutenden Paese von Castagno. Ungleich weniger freundlich, rauh, und sehr einsam zwar ist der Anblick der Nordwest- und Südküste. Steil abstürzend ist das Land hier in zahlreiche Schluchten gespalten, und kein, selbst Fischerbarken zugänglicher Landungsplatz erlaubt hier den Anbau einer Marina. Doch es zeigen sich überall hier die Formen viel milder, als wir sie auf den zuvor beschriebenen Inselfelsen gesehen haben, und nur in dem südlichsten Küstentheile von Val di Muria bis Capo Capparo kehrt vollkommen jene wildzerrissene Schroffheit wieder.

Eine etwas genauere Bekanntschaft mit dem Inneren von Lipari lehrt uns, dafs die Oberfläche der Insel, ganz abgesehen von allen anderen Beziehungen, sehr natürlich in drei deutlich von einander geschiedene Abtheilungen

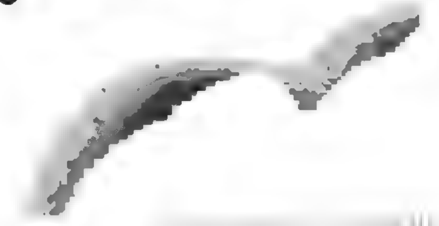
Digitized by Google

zerfällt werden könne. Diese Abtheilungen zeichnen sich sehr aus durch drei, gleichsam ihre Centralpunkte bildende Berggipfel, welche sich ungemein schön von einander ablösen. Denn der südlich, äufserst auffallend sich erhebende, stumpf kegelförmige Monte Guardia, bildet mit seinen untergeordneten Umgebungen einen fast ganz isolirten, ringsum wohl abgeschlossenen Bezirk.

Eben so thut es zunächst ihm in N. der Hauptberg der Insel in dem sanft aufsteigenden Monte di S. Angelo, dessen Meereshöhe wir in Ermangelung einer Messung sehr wahrscheinlich zu 1600 Fufs schätzen. Und am Nordende zeigt sich, eben so für sich stehend, der dem vorigen gewifs gleich hohe, gegen Ost sehr steil abgerissene Monte di tre pecore, und mit ihm der ihm untergeordnete so sehr eigenthümliche Monte Campo bianco.

Daher gewinnt diese natürliche Eintheilung der Oberfläche zunächst noch eine viel höhere Bedeutung durch die mit ihr übereinstimmende Verschiedenheit der inneren Zusammensetzung, welche genau diesen Bezirken parallel geht; und ein Blick auf die Charte reicht hin, uns die Nothwendigkeit dieser Trennung völlig fühlbar zu machen.

Nachdem wir uns so vorläufig an der Oberfläche der Insel orientirt haben, beginnen wir unsere Forschungen über dieselbe, unstreitig am zweckmäfsigsten mit der Betrachtung der mittleren dieser drei Abtheilungen. Denn sie nimmt nicht nur den Haupttheil von Lipari, wie es die Charte (Taf. IV) zeigt, wohl reichlich die Hälfte seiner ganzen Masse ein, sondern sie begreift auch, wie wir später noch sehen werden, unstreitig die älteste unter den Bildungen, welche das Innere dieser Insel zusammensetzen. Der ringsum sanft aufsteigende stumpfrunde Kegel des Monte St. Angelo erhebt sich sehr nahe ihrem Südrande; doch dürften wir wohl diesen ganzen Bezirk am natürlichsten als die Basis dieses Centralkegels betrachten. Gegen Osten fällt er sanft und sehr gleichför-



mig ab bis zur Meeresküste bei dem oben erwähnten Caneto. Sein Abhang ist hier von zahlreichen, doch nie sehr tief eindringenden Thälern zerschnitten, und es hängt sich hier an ihn, durch einen etwa 300 Fuſs hohen Isthmus, über welchen der Weg von der Hauptstadt nach Caneto führt, die weit vorspringende Halbinsel der beiden eng in einander gefügten Kegelberge der Monti Rossi (siehe Taf. II Fig. 2), deren Gipfel noch zu etwa 600 Fuſs über dem Meere hervorragen. Gegen S. aber ruht der Abfall des Hauptberges auf einer bereits ansehnlich über dem Meere erhobenen Basis, welche von Osten gegen Westen hin immer beträchtlicher aufsteigt. Ihr am Ostende noch nicht sehr steiler Abfall bildet den Nordrand jenes fruchtbaren reichangebauten Halbkreises, welcher die Stadt Lipari einfaſst, und er endigt hier mit dem Hügel alle Croci reichlich in 300 Fuſs Meereshöhe. Weiter fortlaufend aber gewinnt er mit der Höhe stets an Steilheit; und es liegt hier auf seinem Rande die weit sichtbare Kirche dell' Annunziata bereits wenigstens 500 Fuſs hoch. Er beschreibt hier, mit stets sehr steilem Abfall, einen sehr sanft gegen N. ausgeschweiften Bogen, in welchem sich sehr symmetrisch die nach unten zu sanft abfallende Basis von dem Kegel des Monte Guardia einfügt. Man nennt diesen Ort Chiana greca. Von hier an aber beginnt diesen Südrand ein sehr scharf und tief eingeschnittenes Thal von dem Gebiete des Monte Guardia abzulösen, und man nennt dasselbe, bis zum Meere an der Westseite, mit dem bereits von Spallanzani oft erwähnten Namen Vallo di Muria. An der W. und N. Seite ruht die Basis des Abhanges von dem Monte S. Angelo auf der wagerechten Fläche eines für den Umfang dieser Insel sehr ansehnlichen Hochlandes. In etwa 800 Fuſs Meereshöhe erstreckt sich dasselbe von S. gegen N. sehr einförmig reichlich 4 Miglien lang, eine zusammenhängende Ebene voll Kornfelder, und in ihr liegen am Nordwestende die vereinzelnten Häuser des Dörf-

Digitized by Google

chens Quattro pani. Ueberall längs der Küste sind die wagerechten Ränder dieser Hochebene von eng und tief eingeschnittenen, mit sehr steilem Fall gegen das Meer hin ausmündenden Schluchten zerrissen worden. Wir zählen deren insbesonders an der Westseite vier auffallend tiefe, unter welchen wir vorzüglich das Thal der Stufe di S. Calogero und das Thal de' Bagni caldi (siehe Taf. II Fig. 2) als die merkwürdigsten hervorheben; doch auch bei Quattro pani und am Nordabhange hinunter nach Acqua calda sind derselben, grofs und klein, in beträchtlicher Anzahl.

Gegen NO. zuletzt noch verbindet sich der Abhang des Hauptberges mit dem Monte di tre puore durch ein flaches, weites Thal, welches etwa 1000 Fufs über dem Meere liegt, und man nennt hier den vom letztgenannten Berge zu ihm übersetzenden sanften Höhenzug mit dem uns oft wiederholten Namen S. Eremo (siehe Taf. III Fig. 1).

Dieses ganze ringsum scharf begränzte Stück Landes, welches das Innere und den Kern von der Insel bildet, besteht in seinen Haupttheilen weit vorherrschend aus einer einförmigen und sehr ausgezeichneten *Tuffmasse.* Ein meist dunkelbraunes oder braungraues, erdig lockeres und leicht zerstörbares Gestein, ganz aus vielfach zerkleinerten Bruchstücken vulcanischer Erzeugnisse gebildet, ruft dieser Tuff uns fast unwillkührlich die Ihnen so wohl bekannte Erscheinung analoger Gesteine in der Campagna di Roma in Erinnerung; doch noch mehr würde ich geneigt seyn, denselben mit dem ihm wirklich sehr ähnlichen *Basalttuff* an der Wilhelmshöhe bei Cassel zu vergleichen. Die verschiedenen Grade der Gröfse und der Innigkeit der Zersetzung seiner Gemengtheile geben ihm sehr oft das Ansehen eines mürben und kleinkörnigen Sandsteins, da er sehr selten nur ein grobes Conglomerat bildet, sehr oft aber das Wesen eines eisenreichen, feingeschlämmten, sandigen Thons hat, in welchem helle

und dunkele Streifen, mehr rothe oder mehr graue Färbung, sehr mannigfaltig und auffallend abwechseln. Seine sehr oft noch deutlichen Gemengtheile sind fast immer nur kleine, schwarze oder röthlich und grau gefärbte Lavastücke mit vielen eingeschlossenen kleinen Feldspath- und seltenen Augitkörnern. Ausnahmsweise nur finden sich in ihm einzelne Schlackenbrocken, und immer in hohem Grade verkleinerte, zersetzte und von der Farbe der braunen Grundmasse durchdrungene Bimssteinstückchen, welche zu beweisen scheinen, dafs das Material dieser Tuffmasse eine sehr starke Zerreibung erlitten habe, bevor es sich in seinem gegenwärtigen Zustand zusammensetzte. Ob diese Zerreibung durch die auswerfenden Kräfte des Vulcans, der diese Bestandtheile geliefert, oder erst durch die Wirkungen des nachher sie zusammenführenden Wassers erzeugt wurde, scheint gleichgültig, wohl aber ist es von Bedeutung hier zunächst zu erwähnen, dafs die ganze angeführte Tuffbildung auf's Schönste und Vollkommenste geschichtet sey. Die grobkörnigeren seiner Abänderungen sondern ganz, wie es auch die grobkörnigen unter den Sandsteinen zu thun pflegen, sich in 1 bis 2 Fufs starken Bänken ab, wie man deren unter andern sehr zahlreich längs der Westküste und auch am Wege von der Stadt nach Caneto findet; die feineren aber bilden oft in ansehnlichen Durchschnitten kaum mehr als zollstarke Platten, und erinnern an die Schieferthone der Sandsteine. In der Richtung und Vertheilung dieser Schichten zeigt sich in diesem Bezirke eine auffallende und bemerkenswerthe Regelmäfsigkeit. Ueberall nämlich an der Basis des Monte S. Angelo liegen sie wagerecht, oder sie fallen doch ungemein sanft den Rändern zu, und die oft steil abgerissenen Wände an der Westseite, so wie die senkrechten Nordränder des Val di Muria, entblöfsen die oft sehr ausgedehnten Profile mit scharf bezeichneter wagerechter Streifung.

Digitized by Google

Sobald wir uns indefs den Abhängen des auf dieser Grundlage ruhenden Kegels nähern, sehen wir ringsum gleichförmig die wagerechten Tuffschichten sich aufrichten. Sie fallen hier mit sehr sanfter Neigung ganz den Abhängen des Berges parallel laufend, und umschliefsen ihn mit tausendfach über einander gelegten mantelförmigen Schaalen, welche auf diese Weise den Kern seiner Masse bilden. Der Hauptberg der Insel ist also sehr deutlich ein *alter Eruptionskegel*. Diefs beweist uns zunächst seine Schichtenbildung; doch es beweisen es auch die von ihm ausgegangenen Lavaströme, von welchen wir in der Folge reden werden, und nicht minder der noch vollkommen erhaltene, wenn gleich von den Einflüssen der Zeit sehr umgeänderte Crater, welchen sein Gipfel trägt. Dieser Crater, welchen wir am 11. Januar besuchten, ist eine von sanft verrundeten Abhängen ringsum eingefafste, fast eiförmig gestaltete Vertiefung. Seine Längenaxe, von O. nach W. laufend, hat etwa 700 bis 800 Schritt im Durchmesser; gegen SW. ist er offen, und von dorther erheben sich die Ränder seiner Einfassung bis zum höchsten ihrer Punkte an der Nordseite, dessen Scheitellinie etwa 200 Fufs über dem Boden dieser Vertiefung erhöht liegt. Ganz eben so wie der Monte S. Angelo sind in ungleich kleinerem Maafsstabe auch die oben erwähnten Monti rossi gebildet. Beide Kegel bestehen gleichförmig aus concentrisch sie ringsum einschliefsenden Tuffschichten, und die Vertiefung in ihrer Mitte (siehe Taf. II Fig. 1) ist sehr wahrscheinlich der Rest ihres an den Seitenwänden eingefallenen Craters. Es gehören also dieser Tuffmasse sehr entschieden zwei Eruptionsberge an, deren Thätigkeit in die Epoche einer vorhistorischen Zeit fällt. Ob diese Crater einst unter dem Meere sich öffneten, oder ob sie hier den Vulcan eines vielleicht vormals viel ausgedehnteren Landes bildeten, welches vom Meere oder durch Erhebungen und Sen-

kungen einzelner Theile seiner Masse später wiederum verkleinert wurde, wer mag diefs mit Sicherheit zu bestimmen wagen?

Einen Beweis für die eine oder die andere dieser Ansichten, scheint es, könne vielleicht die Untersuchung der in dieser Tuffmasse vorkommenden *Pflanzenreste* liefern, deren sowohl Dolomieu, als auch Spallanzani erwähnen, und zwar der erste mit ausdrücklicher Hinzufügung, dafs er das Blatt einer Meeres-Alge dort gefunden habe. Wir besuchten daher sehr bald die von ihm angeführte Oertlichkeit, und es scheint mir passend, Ihnen dieselbe hier etwas ausführlicher zu beschreiben, da sie in mehrfacher Beziehung merkwürdig ist. Auf der Westseite der Insel, an dem oberen tief eingeschnittenen Anfange des Thales von der Stufe di S. Calogero, bildet der Rand der früher erwähnten Hochebene von Quattro pani einen senkrechten und ganz nackten Absturz von etwa 200 Fufs Höhe. Die auf solche Weise in ansehnlicher Erstreckung entblöfste Felswand besteht vorherrschend aus wagerechten, meist dicken und stets grobkörnigen Bänken der graubraunen und bröckligen Tuffmasse; und aus ihrer Basis entspringt unter dem übergeneigten Abhange, welcher la Grotta di S. Calogero genannt wird, ein ansehnlicher Bach heifsen Wassers, welcher, über einige kleine Mühlenwerke herabstürzend und selbst auch im Sommer nie versiegend, dem Meere zueilt. Zwischen den Tuffbänken der eben erwähnten Felswand sieht man wohl hundertfach wiederholt hier einen gelbgrauen, stark verhärteten Thon, 1 bis 3 Zoll starke, dem Ganzen stets deutlich parallel laufende Bänder bilden. Er ist bolartig, oder fast thonsteinähnlich dicht, und zerbröckelt bei geringer Berührung, wie der Keupermergel, in stumpfeckige und knollenförmige glatt abgelöste Bruchstücke. Sehr häufig aber noch ferner geht dieser Thonstein in eine vollkommen dichte und ihm gleichartig gefärbte *Kieselmasse* über. Gleichfalls knollenförmig gestaltet, sehr spröde,

Digitized by Google

spröde, eben und flachmuschlig auf den Bruchflächen, gleicht diese Kieselmasse oft den bekannten *Menilit-Knollen;* doch oft bildet sie zusammenhängende und der Schichtung parallele dünne Streifen, und sie geht in diesem Zustande selbst zuweilen in den benachbarten Tuff über, dessen Körner innig mit ihr verwachsen vorkommen. In diesem letzteren Gesteine nun vorzüglich, und oft in der feinsten, dichtesten Kieselmasse, nicht selten aber auch in den Thonsteinen und im Tuff selbst, erscheinen die von Dolomieu erwähnten Pflanzenreste. Es sind vorwaltend kleine, undeutliche Stengel und *längsgefaserte* unbestimmbare Rindenstückchen, oft schilfähnlich, doch gewiſs keine *Fucus-Reste;* und nicht selten fanden wir mit ihnen auch ganzrandige, mittelgroſse, sehr deutliche *Dicotyledonen-Blätter*, mit Mittelrippen und netzförmigen Verzweigungen. Ein Bruchstück, das wir im Tuff fanden, schien der Abdruck eines zusammengepreſsten Blattes der im nahen Sicilien wachsenden *Fächerpalme* (*Chamaerops*); doch wagen wir es nicht mit Sicherheit dafür auszugeben. Weiter südlich beobachten wir später noch einmal an dem oberen Rande der Westküste ganz dieselbe merkwürdige Erscheinung des Auftretens von *Pflanzenresten* in der Tuffmasse, am Anfange des sogenannten Valle dell' inferno. Dort fehlten jene untergeordneten Gesteine, und ein grober, lockerer Tuff schlieſst hier sehr schöne *Dicotyledonen-Blätter* ein; aber die häufigsten sind lange, schmale Blattstücken, längsgefasert und mit einer eckigen Mittelrippe, wie zusammengefaltete Enden von *Chamaerops-Blättern;* noch andere dergleichen ferner, welche wir in Verbindung mit den dazu gehörigen Stielen fanden, schienen deutlich einst gefiedert, und erinnerten an die Blätter der *Dattelpalme.* Der Tuff, welcher diese Pflanzenreste einschloſs, war sehr häufig durchzogen von chalcedonähnlichen Kieselsinter-Adern, welche in Höhlungen oft kleine Kalkspathdrusen führten; und oft waren die hier sehr häufigen,

dünnen, rundlichen Stengel in cylindrisch geformte, milchfarbene Chalcedonmasse verwandelt worden. Gewiſs also befand sich hier ein mit Palmen und Dicotyledonen Sträuchern bewachsenes Festland in der Nähe, als die das Tuffland erzeugenden Eruptionskegel in Thätigkeit waren. Ob aber dieser Tuff submarin sich gebildet habe, kann meines Erachtens keineswegs durch die erwähnte Beobachtung ganz widerlegt werden; denn es finden sich so unter andern in dem Tuff von Posilippo selbst deutliche Landpflanzen, schöne *Farrenkräuter*, in Gemeinschaft mit wohl erhaltenen Seemuscheln der Gattungen Ostrea, Pectunculus, Cardium, Buccinum u. s. w., welche theilweise schon Hamilton gekannt hat, und die ich anderen Theils in der merkwürdigen Sammlung von Hrn. Monticelli zu betrachten Gelegenheit hatte.

Ein untergeordnetes Glied der bisher beschriebenen Tuffmasse, und sicher wohl das bedeutendste, sind die mit ihm zahlreich auftretenden *Lavabänke*. Sie finden sich theils auf ihm an den Abhängen des noch unversehrt stehenden Eruptionskegels, theils und viel häufiger in ihm eingeschlossen, wie untergeordnete Lager in einer gleichförmig geschichteten Secundär-Gebirgsart. Der Monte S. Angelo trägt am oberen Theile seines Abhanges noch die Reste zweier deutlich unterscheidbarer Ströme, deren einer an der SW.-, der andere an der SO.-Seite herabflossen. Ihre Oberfläche ist in hohem Grade verändert, ohne Schlackenkrusten, und diesen Beweis ihres sehr hohen Alters vermehrt noch ihre vollkommene Zertheilung in unförmliche Felsblöcke. Ihre Masse ist sehr dicht, dunkel graubraun bis in's Schwarze, und zeigt überall, wo sie krystallinisch heraustritt, ihren vorwaltenden Reichthum an Feldspath. Zahlreiche glasige Feldspathkrystalle sind hellfarbig in ihr ausgeschieden, und es ist dieſs, nach der bisher üblichen Sprache zu reden, ein wahrer *Feldspath-* oder *Feldstein-Porphyr.* Eine ganz ähnlich gebildete Lava und in ähnlicher Zerstörung deckt den Ab-

Digitized by Google

hang des Westlichen unter den Monti rossi. Ihre Grundmasse ist indefs viel basaltähnlicher, immer schwarz, dicht, doch voll weifser, glasiger Feldspathnadeln, und mit einzelnen kleinen, schwarzgrünen Augitkörnern. Ungleich mannigfaltiger ist die Beschaffenheit jener Lavamassen, welche sich im Inneren dieser Tuffbänke verschlossen finden; doch im Allgemeinen ist ihr vorwaltender Charakter immer derselbe. Mehr oder minder stets dunkelfarbige Grundmasse, und fast immer sehr häufig darin ausgeschiedene glasige Feldspathkörner, weshalb ich sie auf der beiliegenden Charte, zum Unterschiede von den Glas-Laven, mit der Benennung von Porphyr-Laven bezeichnet habe; denn viele derselben gleichen in der That so ganz unseren Porphyren, dafs es kaum möglich seyn würde, sie in Handstücken von denselben unterscheiden zu wollen. *Augit* ist keineswegs immer in ihnen; doch fehlt er selten ganz darin, und zuweilen scheidet er sich selbst auch in deutlichen Krystallen aus, wie bei der Lava der Bagni caldi, an der Westseite, oder mehr noch bei einer anderen an dem hohen Uferrande über der Mündung vom Valle di Muria. Einzelne Abänderungen gleichen ganz *neuen Aetnalaven;* doch der Abweichungen in Härte, Korn und Farbe der Grundmasse sind hier sehr zahlreiche; und ich darf Sie daher wohl um so leichter bitten, mir eine ausgeführte Beschreibung dieser minder wesentlichen Umstände zu erlassen, als wir von sehr vielen derselben eine vollständige Sammlung gebildet haben. Erlauben Sie mir Ihnen hier nur noch, von einigen allgemeinen, mit dem Auftreten dieser Laven in Verbindung stehender Erscheinungen reden zu dürfen. Zunächst mufs ich bemerken, dafs die Mächtigkeit der im Tuff eingeschlossenen Lavabänke selten nur einigermafsen bedeutend ist. Auf dem Fufspfade von der Stadt Lipari nach Caneto kömmt man an einer plumpen, zwischen Tuffbänken steckenden Lavamasse vorüber, deren deutlich blofsgelegte Stärke kaum mehr als 10 Fufs beträgt; und

diefs ist in jenem Theile der Insel schon ansehnlich. Denn an den Abhängen der Monti rossi liegen deutlich drei bis vier Lavabänke mit Tuff wechselnd über einander, von welchen keine zu dieser Mächtigkeit ansteigt. Etwas mächtiger zwar sind die Lavaplatten an der Westseite, und insbesonders in den Umgebungen von Quattro pani, und an dem hohen Uferrande des Valle di Muria. Doch wird eine das Doppelte der angegebenen Zahl betragende Mächtigkeit gewifs schon zu den Seltenheiten gehören. Die Ausdehnung dieser Lavamassen in der Länge oder Breite kann nur selten im Zusammenhange verfolgt werden; doch schien sie uns fast niemals beträchtlich, und daher sind die Störungen, welche im Fortsetzen der Tuffschichten durch diese untergeordneten Erscheinungen veranlafst werden, gewöhnlich sehr unbedeutend. Fast immer ist das Auftreten dieser Lavabänke mit in ihrer Umgebung vorkommenden grofsen Blöcken ihrer Masse verbunden, welche eng von den Tuffschichten umhüllt werden, und mit ihnen oft sehr ausgezeichnete Conglomerate bilden. Schlackenkrusten aber zeigen sich hier fast niemals in ihren Umgebungen; denn theils mag die zu dergleichen Bildungen weniger geneigte feldspathreiche Beschaffenheit dieser Laven die häufige Erzeugung derselben gehindert haben, theils mögen sie durch sehr wahrscheinliche zerstörende Einflüsse wieder zersetzt worden seyn, noch bevor sie von der Tuffmasse bedeckt wurden. Nur ein Mal sah ich sehr nahe bei Quattro pani einen Strom schöner Lava, dick bedeckt von sehr lockeren, schwarzen Schlackenstücken, welche ganz wie an der Luft ausgeworfene zellige Lavaklumpen aussahen. Ihn bedeckte äufserst deutlich dicht daneben eine dunkelbraune, wagerecht geschichtete Tuffmasse. Doch bevor ich den Bericht über diese Gegenstände zu Ende führe, kann ich nicht umhin, Ihnen noch einige andere Verhältnisse zu erwähnen, welche die im Tuff eingeschlossenen Lavabänke an solchen Stellen veranlassen, wo Zer-

Digitized by Google

reifsung oder Wegspühlung und Zersetzung der Tuffmasse sie blofslegte. Insbesonders sind sie zahlreich an den oft erwähnten Abstürzen der Westseite. Dort sieht man nämlich sehr häufig an den steil abgerissenen Höhen statt der Lavabänke wild über einander gerollte Blöcke oder Felsklumpen von sehr ansehnlicher Gröfse beisammen liegen, theils in lang gedehnten, zusammenhängenden Schutthalden, theils auch, wenn durch spätere Verwaschungen der Zusammenhang dieser Halden unterbrochen ward, auf den Gipfeln isolirt stehender und jetzt ansehnlich hervortretender Tuffhügel. Sehr ähnliche Erscheinungen sind mir sehr häufig in Basaltgegenden, und besonders in der so reichhaltigen Umgegend des *Meifsner* in *Hessen* begegnet. Doch mehr noch, man sieht auf den Gipfeln solcher einzelnstehender Tuffberge eine gleichförmig mäfsig starke, schwarze *Porphyrkappe* ringsum abgeschnitten und ganz wagerecht sich ausbreiten. Freilich sieht man wohl zugleich auch in der Regel noch den abgebrochenen Streifen jener Porphyrbänke in der gegenüberliegenden Felswand, wie es die beigefügte Figur (Taf. I Fig. 2) zeigt. Doch wer könnte jetzt dergleichen Verhältnisse wohl ansehen, ohne nicht zahlreiche Erinnerungen an die namentlich in unserem Vaterlande so vielfach beobachteten und bestrittenen Verhältnisse des *Basaltes*, des *Porphyrs* und der *Trappgesteine* in sich aufwachen zu lassen. Hier liegen die Erscheinungen nah in vollständiger Entwicklung ihres Fortschreitens dem Beobachter klar ausgebreitet in ihren Ursachen und Wirkungen beisammen, und erzwingen sich die folgerechte Schlufsreihe. Doch dort mangeln oft selbst die wesentlichen Glieder einer Kette, deren Anfang uns in das Dunkel einer unentzifferbaren Vorzeit zurückführt.

An der steil abgerissenen Westküste entströmen noch dem Inneren des Monte S. Angelo nicht allein die bereits erwähnten *heifsen Quellen* von der Grotta di S. Calogero, sondern auch die vielleicht eben so reichhal-

tigen Wassermassen der Bagni caldi, deren Temperatur wir 48 bis 49° R. fanden. Sehr nahe bei dem erst genannten Orte ferner entweichen immer noch dem Boden die mit Schwefel geschwängerten Wasserdämpfe einer ununterbrochenen *Fumarole*, welche die Stufe di S. Calogero, oder auch wohl il bagno secco genannt wird. Die zersetzenden und umändernden Einflüsse, welche das Austreten dieser Dämpfe auf die mit ihnen in Berührung kommenden umliegenden Gesteinmassen ausübt, sind in hohem Grade merkwürdig und auffallend, doch sie müssen hier in vorhergehenden Zeiträumen sehr viel ansehnlicher und ausgedehnter gewesen seyn, denn man sieht fast kaum ein Thal unter den so zahlreichen Schluchten dieser Westseite von der Grotta di S. Calogero bis zum Valle di Muria, wo nicht zahlreiche Spuren einst hier thätig gewesener Fumarolen deutlich nachweisbar wären. Und gerade diefs ist zuletzt noch eine der anziehendsten und lehrreichsten Erscheinungen, welche dem Beobachter in diesem überreichen Landstriche begegnen.

In den Umgebungen von der Stufe di S. Calogero, wo die Ursache dieser Erscheinungen noch fortdauert, zieht zunächst insbesonders wohl die so auffallend veränderte Färbung der Oberfläche die Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich. Aus dem dunkelfarbigen Tuffbande tritt man plötzlich hier in eine schneeweifse, fast anscheinende Kalkfläche. Die Bank einer frei ausragenden dunkeln Feldspathlava ist hier in ein dichtes und groberdig körniges, fast trippelähnliches Gestein umgewandelt worden. Vollkommen farblos hat es dennoch den Zusammenhalt seiner Masse beibehalten, und man glaubt hier einen *Kreidemergel* anzuschlagen, dessen Uebergang in seinen ursprünglichen Zustand hier nichts destoweniger völlig klar ist. Der umliegende Tuff ist hier gelblichweifs, sehr mürbe, und nicht selten von sehr zahlreichen dunkel eisenrothen Streifungen durchzogen. Er bildet o eine buntscheckige Breccie von fremdartigem Ansehe

und sehr unregelmäfsig ragen zwischen ihm rauhe Knollen eines bläulichweifsen, schwachschimmernden, an *Opal* oder an *Pechstein* erinnernden Gesteins aus, dessen zahlreiche Zerklüftungen häufig Ueberzüge von traubigem *Chalcedon* oder von vollkommen *hyalithähnlichem Kieselsinter* führen. Solcher Pechsteine aber, solcher Chalcedon- und Kieselsinter-Krusten finden wir in Gemeinschaft mit stark zersetzten Laven u. s. w. oft noch viel stärker und ausgedehnter in fast allen Schluchten der Westseite, und schon oben sind von mir die hieher gehörigen Verkieselungen der im Valle del Inferno gefundenen Pflanzenstengel erwähnt worden. Dort ist zugleich das erwähnte Halbopalgestein sehr häufig von rothem Eisenoxyd innig durchdrungen und gefärbt worden, und es findet sich überhaupt diese kirschrothe Färbung statt der weifsen, dort sehr ausgedehnt an den Orten, welche die Wirkung der Fumarolen erfahren haben. *Eisenoxyd-Sublimationen* haben höchst wahrscheinlich dieses auffallende Verhältnifs hervorgerufen, und gewifs ist das Vorkommen schöner *Eisenglimmer-Tafeln* in den Höhlungen einer ganz zersetzten Gebirgsart an den Abhängen des Valle di Muria nur eine Wirkung desselben Ereignisses.

Doch es ist noch eine andere der Erscheinungen, welche die alles durchdringenden Dämpfe bewirkt haben, und welche ich hier noch ganz besonders Ihrer theilnehmenden Berücksichtigung empfehlen möchte. Ich meine die von allen diesen Gegenden unzertrennliche und ansehnliche *Gypsbildung*, deren Verhältnisse uns in freudiges Erstaunen versetzten. Denn in innigster Verbindung mit den zahlreichen Zersetzungen und Veränderungen, welche die Stufe di S. Calogero bewirkt haben, sahen wir überall an den Wänden ihrer Abhänge sehr zahlreiche und wohl ausgebildete *Gypsmassen* auftreten. Die ganze Tuffmasse war von schneeweifsen oder blafsrothen, schön abgesonderten Gypstrümmern durchzogen, und sehr

Digitized by Google

häufig waren ihre Blöcke mit einer Kruste von derselben bekleidet worden. Der Gyps zeigt oft sich in kleine Knollen ausgesondert, welche vollkommen zuckerförmig, farblos und durchscheinend uns den reinsten *Alabaster* unserer Gypsgebirge Deutschlands oder Siciliens in Erinnerung zurückriefen; aber die Trümmer oder Krusten, welche er bildete, waren fast immer von schwach seidenglänzend faserigem Gefüge, und wir sahen deren, welche wellenförmig fortsetzend zuweilen bis zu eines Zolle Stärke anstiegen. Sehr häufig, und diefs war unstreitig das gewöhnlichste der hieher gehörigen Verhältnisse, war der Tuff längs den Abhängen in eine schmierige, schmutzig ochergelbe Thonmasse verwandelt. Und dieser Thon, dessen Ursprung man in anderer Lage wohl kaum noch errathen hätte, war dann vollgestopft von ganz unregelmäfsig durch einander liegenden und oft vielfach mit einander verwachsenen Gypsblättern, und durchschnitten von denselben Trümmern von Fasergyps, deren ich oben bereits gedacht habe. Wahrlich man kann wohl kaum etwas Aehnlicheres von den Vorkommnissen des Gypses in unseren Flözgebirgen finden, deren Ihnen gewifs zahlreiche bei Lesung dieser Zeilen in Erinnerung kommen werden. Und zugleich ist diese Erscheinung auch selbst hier schon keine kleinliche oder den Umständen nach auf eng umschriebene Oertlichkeiten eingeschränkt. Nein, sie findet sich vielmehr hier fast überall an den Abhängen einer fast stundenlangen Küste, und die Höhe der von Gypsmasse durchdrungenen Bergwände erreicht häufig reichlich 200 Fufs, und übersteigt selbst nicht selten diese Gröfse noch. Wahrlich, nachdem wir bereits in den Schwefel- und Salzgegenden Siciliens der Beweise für den Ursprung des Gypses so zahlreiche gesammelt hatten, konnte uns gewifs keine schönere, keine willkommnere Beobachtung hier zu Theil werden. Doch ich kann diesen so anziehenden Gegenstand nicht verlassen, ohne Ihnen noch wenigstens von einem seiner zahlreichen untergeord-

Digitized by Google

neten Verhältnisse zu berichten, welches zeigt, wie, bis selbst in das kleinste Detail, sich die Aehnlichkeiten dieser noch fortdauernden Gypsbildung mit denen, welche bei uns auftreten, hier so vollkommen verfolgen lassen. An den oberen steilen Wänden nämlich, welche den Rand des so oft erwähnten Thales Valle di Muria bilden, sahen wir unmittelbar unter der Auflagerungsfläche einer mächtigen und augitreichen Lavabank ein Profil, etwa zolldicker und feinerdiger blafsrother Tuffschichten austreten. Ihre Lage war, wie gewöhnlich hier, ganz wagerecht und sehr regelmäfsig, ohne sichtbare Störungen. Aber gleichförmig Schicht um Schicht wechselnd, lag hier stets zwischen zwei Tuffplatten immer eine weifse, etwa halb so starke Gypstafel, krystallinisch, blättrig körnig, und den hundertfachen Wechsel beider Bildungen durchzogen unregelmäfsig verzweigte starke Trümmer weifsen, seidenglänzenden Fasergypses. Es ist wahrlich ganz unmöglich, eine den *Keuper-Gypsen*, oder dem Gyps, welcher in den Mergeln des *bunten Sandsteins* vorkommt, vollkommener übereinstimmende Erscheinung nachzuweisen (Taf. I Fig. 3), und gewifs werden Sie wohl unser freudiges Erstaunen, unsere innige Ueberraschung sich denken können, als wir so seltene und so merkwürdige Verhältnisse beobachteten.

Noch an vielen anderen Orten dieser Insel findet sich Gypsbildung unter ähnlichen Verhältnissen wieder; doch beschränkt sie sich immer ausschliefslich auf das Tuffland, und ich erwähne hier nur noch eines Vorkommens bei der Stadt an den Abhängen des Hügels alle Croci, wo sich mitten unter den Producten einer längst erloschenen Fumarole schaalig abgelöste Lavakugeln finden, welche concentrisch, Schaale um Schaale, mit sehr dünnen, weifsen Gypskrusten abwechseln. Sehr ähnlich hatte ich einst unter den Grünsteinen des Fichtelgebirges Kugeln beobachtet, in welchen eben so Schaale um Schaale ihre Masse mit dem später eingedrungenen Eisen-

stein abwechselte. Doch ich ende diesen vielleicht schon zu weit ausgedehnten Bericht über das Tuffland und die Porphyrlaven von Lipari.

Die zwei anderen oben angeführten Bezirke, welche Lipari zusammensetzen, sind im Wesentlichen von gleichartiger Beschaffenheit. An die Stelle der bis hieher beschriebenen erdigen Tuffmassen treten in ihnen die so völlig verschiedenen *Bimssteine* und *Obsidian-Conglomerate*, und der Charakter jener alten, stets nur steinartigen matten Feldspathlaven ist hier in den einer mehr aufgeblähten oder dichten, glänzenden Glasmasse verwandelt. So gehört denn also die eine Hälfte der Insel durchaus ganz jenen seltenen und an den Vulcanen, die wir bisher untersucht hatten, kaum je vorkommenden Erzeugnissen einer neuen Periode an, und die Verschiedenheiten, welche in beiden von einander getrennten Abtheilungen vorkommen, sind mehr unwesentlich, und betreffen nur die äufserlichen und zufälligen Erscheinungen ihres Auftretens an der Oberfläche.

Weit am einfachsten ist wohl unstreitig die Bildung von der südlichsten dieser Abtheilungen, welche kaum etwas Anderes als ein einfacher, weit ausgedehnter Berg ist, mit den untergeordneten und wenig mannigfaltigen Erscheinungen seiner unebenen Abhänge. Dieser Berg ist, wie wir bereits oben erwähnt haben, der stumpf kegelförmig gestaltete Monte Guardia, dessen Höhe wir zu etwa 1100 bis 1200 Fufs über der Meeresfläche annehmen dürfen. Bereits Dolomieu, und nächst ihm Spallanzani, hatten denselben für einen isolirt stehenden Vulcan angesprochen, und die Verhältnisse seiner Zusammensetzung bekräftigen gewifs sehr diese Ansicht. Ob er indefs, wie von Dolomieu erwähnt worden, auf seinem Gipfel einen nachweisbaren Crater trägt, mufs jedenfalls wenigstens für sehr zweifelhaft gehalten werden. Denn die flach abgestutzte Oberfläche dieses Berges ist sehr breit, und zeigt uns jetzt nur den Eindruck

Digitized by Google

einer schwachen und sehr unregelmäſsigen Vertiefung, deren Bildung die vormals hier bestandene Form eines Craters durchaus nicht mehr nachzuweisen gestattet. Was wir indeſs auf der Spitze dieses Berges vergeblich suchen, das entblöſst uns ein an seiner Nordseite, etwa 600 Fuſs tiefer liegender kesselförmiger Thalgrund mit ausgezeichneter Deutlichkeit. Ueberall kreisförmig von steil aufsteigenden Lavafelsen und Lavaconglomeratwänden umgeben, heiſst dieses sehr ansehnliche Kesselthal gegenwärtig *La fossa della Valle del Monte*, und die Richtung der ringsum von ihm abfallenden Lavaströme und Conglomeratschichten, setzt seine wahre Crater-Natur völlig auſser Zweifel. Nächst dem Hauptberge, welcher den Südrand bildet, ist der nordöstliche Theil seiner Einfassungen bei weitem der am ansehnlichsten erhöhte; und er bildet in der Ansicht von der Stadt her einen, dem Monte Guardia gegenüberliegenden, ihm sehr ähnlichen von etwa 800 Fuſs Höhe, welcher Monte della Gallina (Taf. III Fig. 1 No. 3) genannt wird. In dem Einschnitte zwischen beiden liegt der steil geneigte Fuſspfad, welcher einerseits in die Fossa, andererseits auf den Gipfel führt, von welchem wir eine der umfassendsten und anziehendsten Uebersichten dieser Inseln und des nahe liegenden Siciliens genieſsen. Wir besuchten denselben mehrfach; doch bevor wir diesen Weg jetzt wieder antreten, erlauben Sie mir wohl noch einen Augenblick an der Meeresküste mich aufhalten zu dürfen. Schon früher ist, wenn gleich nur im Vorübergehen, jener steil abgerissene, plumpe Felsen erwähnt worden, welcher die Festung von Lipari in der Mitte seiner halbkreisförmig gebauten Stadt trägt. Seine Höhe mag wohl zu kaum mehr als zu 200 Fuſs über dem Meere ansteigen; und die Masse, welche ihn ganz bildet, ist die erste jener Laven, die wir beim Anlanden auf der Insel untersucht haben, ein wunderbares Gestein, sehr verschieden von den Lavabänken des Tufflandes. Von blaſsgrauer Farbe

Digitized by Google

mit wenig dunkelgrauen und selten röthlichen Streifungen, ist das Ganze eine sehr feinblasige und im Innersten aufgelockerte *Glasmasse*. Viel compacter, ungleich schwerer und weniger zerbrechlich als gewöhnlicher *Bimsstein*, ist es dennoch, wie uns die mannigfaltigsten Uebergänge beweisen, wohl nichts Anderes, und gleich ihm ist seine Grundmasse ein von Gasentwicklungen, während seiner Schmelzung innig aufgelockerter, glasiger Feldspath, dessen Körner krystallinisch hin und wieder in ihm ausgeschieden auftreten. Aeufserst zahlreiche, doch meist immer dünne Glasstreifen, ein schwarzer *Obsidian*, bilden Bänder in der gleichförmigen Hauptmasse, und entglast gehen sie in ein dem Pechstein ähnliches Gestein über, theils verbinden sie sich unmerklich mit der immer nur matt schimmernden Bimssteinlava. Die so sehr feinen Blasenräume, deren wir anfangs gedacht haben, und welche das Auge einzeln nicht mehr unterscheidet, sind der Länge nach äufserst gleichförmig getheilt in dieser Lava, und sie geben ihr daher im Grofsen ein fast faseriges Gefüge, dessen Längenrichtung, wie schon so viele Beobachter bemerkt haben, auch mit der Längenrichtung des Stroms übereinstimmt, welchem sie angehören. Ganz dieselbe Richtung behaupten auch die Glasbänder, und wo sie häufig auf einander folgen, scheint daher diese Lava nach der Richtung ihres Laufs fast geschichtet; oder sie bricht doch beim Abschlagen stets in rohe schmale Platten, wie die Stücke einer grobflaserigen Gneismasse. Bei dem Schlofsfelsen von Lipari ist die Richtung dieser Flasern äufserst deutlich unter sanftem Winkel gegen Osten gerichtet, und wir sahen daher wohl, dafs seine Lava von den Abhängen des Monte Guardia herabkam. Doch derselbe zeigt uns auch sehr schön die Natur seines Gesteines selbst; denn weit vorherrschend besitzen fast alle Laven, welche in diesem Bezirke vorkommen, mehr oder minder vollkommen genau stets denselben Charakter; und wir dürfen daher jetzt nicht wieder auf die-

Digitized by Google

selben noch ein Mal zurückkommen. Aeufserst mächtig ist unter andern ganz dieselbe Lava an den Nordabhängen des Monte della Gallina; und im Thalgrund von Chiana greca zeigt sich dieselbe mit steil nördlich fallenden Fasern und Glasstreifen, fast schieferig abgesondert, und sehr reich an Feldspathkörnern. Eine andere Masse derselben liegt deutlich zwischen den Bimsstein- und Obsidian-Conglomeraten am unteren Theile des Abhanges, an dem Wege von der Stadt nach der Fossa della Valle del Monte. Doch die gröfseste dieser Lavamassen deckt den Gipfel des Monte Guardia in der gleichförmigen Mächtigkeit von 300 bis 400 Fufs, und mit sehr steilen Abhängen (Taf. III Fig. 1 No. 1).

Auf der Oberfläche dieser Lavaströme sieht man nirgend mehr die einst wahrscheinlich auch sehr unbedeutenden Schlackenkrusten, und noch weniger ihre gewifs einst nicht fehlenden Rauhheiten; doch bildet ihre aufserordentliche Mächtigkeit und die Plumpheit ihrer schnell absetzenden Formen einen sehr auffallenden Gegensatz gegen die mehr plattenartige Beschaffenheit der alten Porphyrlaven. Ein Verhältnifs, das sie wahrscheinlich ihrer mehr zähflüssigen Beschaffenheit und der aufblähenden Kraft jener völlig unerklärlichen Masse von Dämpfen oder Gasarten verdanken, welche sich, während sie noch flüssig waren, unausgesetzt in ihnen müssen entwickelt haben.

Doch auch an *plattenförmigen Laven* fehlt es wenigstens in diesem Bezirke nicht gänzlich, und ein Beispiel derselben, was in hohem Grade unsere Bewunderung erregt hat, sahen wir oben an dem Eingange in die Fossa, auf der rechten Seite des eben erwähnten Fufspfades. Dort folgt nämlich den gewöhnlichen lockeren, lichtgrauen Bimsstein-Conglomeraten ein anderes aus gelbbraunen, harten, fein porösen Bimssteinstücken gebildet. Fest an einander gekittet oder zusammengebacken, wahrscheinlich durch die Hitze, als sie ausgeworfen wurden,

Digitized by Google

würde man dasselbe sehr leicht für wahre Lavamassen halten können; und oft mufs der Einflufs der Verwitterung seine breccienartige Beschaffenheit erst kenntlich machen. Es spaltet hier in 1 bis 3 Zoll starken, meist scharf abgetrennten, rauhen Tafeln, welche vollkommen einer Schichtung gleichen, und deren Einfallen stets sehr deutlich den Abhängen des Berges parallel läuft. Doch mitten in dieser Masse, stets gleichförmig in dieselbe Art von Tafeln gespalten, tritt ein anderes, sehr merkwürdiges Gestein auf. Einzelne Theile desselben, und unstreitig die am meisten auffallenden sind ein wahrer *dichter Thonstein*, von blafs eisenrother Farbe, ganz dem Thonsteine unserer Porphyre vergleichbar, und wie dieser voll von porphyrartig eingeschlossenen weifsen, glasigen Feldspathkörnern.

Andere Abänderungen sind rauher und groberdig im Bruch, mehr einem feingeschlämmten, harten Tuffe gleichend; doch auch in ihnen sind die Feldspathkrystalle ausgeschieden.

Andere endlich werden löchrig und gehen vollständig in röthlichgraue Bimssteinlava über, voll von Feldspathkörnern und seidenglänzend auf frischen Bruchflächen. Alle diese Abarten desselben Gesteines aber bilden unter sich und mit der eben erwähnten Breccie ein vollkommen zusammengehöriges und durch zahlreiche Uebergänge innig verbundenes Ganze. Ihre auffallend geschichtete, ja grobschiefrige Beschaffenheit giebt der aus ihnen gebildeten Felswand fast das Ansehen eines *Sandstein-* oder *Schieferberges*. Und doch ist diefs Gestein eben so sicher eine *Lava*, wie die bis hieher beschriebenen, dafür bürgt schon seine Lage an dem Abhange eines Craterrandes. Und noch mehr, es setzt gleichförmig in das Innere dieses Craters fort, und es bildet hier eine steil abgerissene Felswand, deren Schichten sich etwas unregelmäfsiger, als am Abhange nach aufsen hin, durch einander krümmen. Diese Uebergänge von *plattenförmigen*

Thonsteinen in *feldspathreiche Sandsteine* und *Breccien*, und auf der anderen Seite wieder in ganz deutliche *Lava*, sind in hohem Grade lehrreich, um die gleichnamigen Verhältnisse in dem Vorkommen unserer norddeutschen *Porphyre* mit den *Sandsteinen* und dem *Steinkohlengebirge* zu beleuchten; und ich konnte mich nicht wieder von ihm wegwenden, ohne mich ganz insbesonders sehr lebhaft des Ihnen so wohl bekannten *Thierberges* bei *Wettin* zu erinnern, welchen die fleiſsigen Beobachtungen und Beschreibungen des Hrn. von Veltheim uns so vollkommen erläutert haben.

Absichtlich übergehe ich hier die mehrfach erwähnten mächtigen *Bimsstein-Conglomerate*, welche in diesem Theile der Insel nichts darbieten, das nicht viel schöner und vollkommener sich im letzten uns noch übrigbleibenden Theile derselben möchte nachweisen lassen. Ich erwähne daher hier nur noch, daſs die Laven des Monte Guardia in Rücksicht auf ihre Masse diesen Conglomeratbildungen sehr reichlich die Wage halten. Ja wahrscheinlich waren sie einst noch viel ausgedehnter; denn besonders an der Süd- und Südwestseite ragen weit in das Meer hinein einige ansehnliche Felsmassen aus, welche deutlich ganz aus derselben Art dichter Bimssteinlava gebildet werden. Unter ihnen ist ganz besonders die mit Recht sogenannte, reichlich 150 Fuſs hohe, Pietra lunga auffallend, eine kühne Gestalt, deren schon Spallanzani gedacht hat, um es wahrscheinlich zu finden, daſs Lipari und Vulcano einst vielleicht ein zusammenhängendes Land bildeten.

Endlich die dritte unter den oft erwähnten Abtheilungen von Lipari ist in hohem Grade ausgezeichnet durch die Häufigkeit der herrschend in ihr auftretenden *Bimsstein- und Obsidian-Conglomerate.* Die Mächtigkeit und Reinheit des hier vorkommenden Bimssteins insbesonders hat diese Gegend bereits seit Jahrhunderten zur Fundgrube dieses Products für die Versorgung von ganz

Digitized by Google

Europa geschaffen, und wahrlich, wenn man hier mehr als 1000 Fufs hohe, ganz aus schneeweifsen Schlacken locker aufgeschüttete Abhänge sieht, mag man wohl der Besorgnifs nicht Raum geben, dafs den Künsten dieses nothwendige Material jemals mangeln werde. Zwei auffallende Berge sind es, welche in dieser Beziehung unsere Aufmerksamkeit hier in Anspruch nehmen, der dem Monte S. Angelo wenigstens gleich hohe Monte tre pecore, wahrscheinlich der höchsten von Lipari, und der östlich von ihm liegende Monte Campo bianco, welcher dem eben beschriebenen Monte Guardia gewifs vollkommen an Meereshöhe gleich kömmt. Den letzteren hat bereits theilweise Spallanzani beschrieben, und ihn leidlich naturgetreu abgebildet. Da er indefs ihn allein von der Küste her betrachtet hat, so entging ihm der Anblick einer der schönsten Erscheinungen, welche diese in allen Theilen so reichhaltige Insel an ihm darbietet. Doch ich bitte Sie, mir vom Küstensaume bei Caneto bis zum Gipfel dieses Kegelberges zu folgen, um alle seine merkwürdigen Verhältnisse zusammenhängend Ihnen vorlegen zu können.

Schon der Strand bei Caneto ist in hohem Grade abweichend von der Küste, die wir am Fufspfade, welcher von der Stadt aus dorthin führt, betreten haben. Statt der braunen starken Tuffbänke und der zwischen ihnen hervortretenden Porphyrlaven erscheinen hier zum Theil sehr ansehnliche lockere Anhäufungen von *Bimsstein-* und *Obsidianstücken.* Von den Meereswellen ergriffen, gelöst und zerstreut, haben ganz insbesonders die letzteren am kräftigsten der Zerstörung widerstanden, und man findet daher längs den Häusern von Caneto eine der reichhaltigsten und anziehendsten Sammlungen aller der zahlreichen Abänderungen dieser so schönen Mineralmasse. Wir konnten dort des Anschlagens und Betrachtens kein Ende finden. Unmöglich kann es indefs meine Absicht seyn, Ihre Aufmerksamkeit durch Aufzählung und Beschrei-

schreibung aller der Varietäten, welche wir hier sammelten, ermüden zu wollen. Ich beschränke mich daher gegenwärtig nur darauf, Ihnen die ausgezeichnet schönen Uebergänge und Verbindungen des Obsidians mit dem Bimsstein zu erwähnen, welche man hier in allen Graden und Verhältnissen antrifft. Bei weitem vorwaltend wechseln beide Fossilien hier in zahlreich wiederholter, oft vollkommen schiefriger Streifung, wie sie ursprünglich die Platten eines schichtenartig getheilten Stroms bildeten. Eine andere sehr schöne Erscheinung sind ferner die zahlreichen Beispiele der *Entglasung*, welche diese glänzenden schwarzen Glasstücke darbieten. Sie beginnt mit den bekannten excentrisch faserigen Krystallkugeln, welche sich gleichfalls sehr oft streifenweise ordnen und sehr häufig zusammenhängende Bänder bilden; und sie endigt mit der successiven Entstehung einer röthlichgrauen, dichten, feinerdigen Thonsteinmasse, welche nicht selten auch in kleinen geschiebartigen, verrundeten Bruchstükken von der schwarzen, dichten Glasmasse umschlossen wird. Viel grofsartiger unstreitig und in ausgedehnter Verbreitung hatten wir bereits auf der Insel Pantellaria den Uebergang einer wahren Thonsteinlava in die reinste Obsidianmasse bewundert; doch hier gab es der im Kleinen abgeänderten Verhältnisse so viele, dafs das Studium an dem Strande von Caneto ungleich lehrreicher und befriedigender ausfällt. Merkwürdig war es endlich noch, dafs wir in derber Obsidianmasse eng eingeschlossen zwei grofse Stückchen von ganz unverändertem *Granit* fanden, welcher feinkörnig aus blafsrothem Feldspath, schwarzem Glimmer und wenig lichtgrauen Quarzkörnern gebildet ward. Schon Dolomieu spricht von solchen Erscheinungen; doch später suchte Spallanzani nach denselben vergeblich, und scheint nicht geneigt, sie für wahr anzunehmen.

Endlich am Fufse des in N. von Caneto sich erhebenden Monte Campo bianco erblicken wir bei dem

schnell aufsteigenden Felsenvorgebirge der Punta Sparanello eine mächtige rauh hervorragende Lavamasse. Sie ist im Inneren ein durchaus dichtes, hellgraues, schwach schimmerndes Email, und ihr Bruch ist stets uneben mit dem Ansehen, als bestehe er aus innig in einander geschmolzenen Erkaltungskugeln. Ihre Oberfläche ist schwarz und stets glasglänzend, und man sieht nun, daſs sie mit einer etwa papierdicken schwarzen Glaskruste bedeckt ist, welche gleichfalls die Wände aller Kluftflächen bekleidet. Das Ganze sieht auf frischem Bruche etwa so aus, wie die mit ganz ähnlicher Glaskruste bedeckten Bruchstücke von *Meteorsteinen.* Dieselbe Lava führt übrigens auſserdem noch in ihrem Inneren viel plattenartig in ihr auftretende Obsidianmassen, und oft unregelmäſsige schwarzbraune Lavastreifen mit untergeordneten dunkelbraunen Glastrümmern, welche vollkommen wie Eisenschlacken aussehen. Sie dehnt sich weit längs der Küste gegen N. aus, und bildet deutlich die Grundlage der groſsen Bimssteinmasse, welche den unmittelbar über ihr aufsteigenden, stark geneigten Abhang des Monte Campo bianco zusammensetzt. Dieser glänzendweiſse Abhang ist der Zerstörbarkeit seiner Masse wegen von zahlreichen, furchtbar tief eingerissenen, engen Schluchten zerschnitten, und der Weg längs der Küste von Caneto nach Castagno ist deshalb in diesem Theile unausführbar. An dem Berge selbst in die Höhe steigend, erlangt man indeſs durch den Anblick dieser Schluchten eine sehr vollständige Uebersicht seiner inneren Beschaffenheit. Zahlreich abwechselnde Schichten groſser und kleiner, locker aufgehäufter Bimssteinstücke, und zwischen ihnen mehr vereinzelnte Obsidianbrocken liegen hier so regelmäſsig geordnet, wie sie die losen Auswürfe eines Craters nur über einander schütten konnten. Sie neigen überall sich den Abhängen des Berges parallel, und da, wo wir aufstiegen, stets etwa 20° SO., dem Meere zu. Schon in ansehnlicher Höhe sahen wir zwischen ihnen eine Bank

Digitized by Google

grauer *Bimssteinlava*, der vom Schlofsfelsen oder vom Monte Guardia ganz ähnlich, doch von unbedeutender Mächtigkeit. In den lockeren Conglomeratwänden sind hier rechts und links oft sehr zahlreiche kleine Grotten eingehauen, aus welchen man die gröfseren Bimssteinstücke für den Handel äufserst mühsam und armselig hervorzieht. Höher oben fingen insbesonders die locker auf der Oberfläche umher liegenden stumpfeckigen Obsidianstücke an häufiger und gröfser zu werden, und wir sahen deren hier bis 3 Fufs starke Blöcke von ganz reiner, pechschwarzer und schön harzglänzender Glasmasse.

Doch wer malt unser Erstaunen, als wir endlich auf dem mühsam erstiegenen Gipfel dieses Berges nun wirklich angelangt waren. Wie durch Zauberschlag waren wir plötzlich an den steil abgestürzten Rand eines der prächtigsten Cratere versetzt worden, welche wir jemals gesehen haben. Unser Staunen, unsere Ueberraschung waren gränzenlos. Ein sehr vollkommen mit ringsum steil aufsteigenden Bergwänden umschlossener Halbkreis von reichlich einer halben Miglie oder 3000 Fufs im offenen Durchmesser lag hier vor uns, in seiner ganzen stillen Schönheit. Sein Boden mochte etwa 500 Fufs unter dem Punkte, wo wir standen, liegen, und das Auge konnte sich nicht satt sehen an der Wirkung seiner schneeweifsen Einfassungen, welche angenehm gegen das vereinzelnt darauf haftende Buschwerk und den unbedeutenden Anbau mit Weingärten in der Tiefe dieses Kessels contrastirten. Doch mehr noch in dem Inneren dieses Kreisthales liegt in furchtbarer Rauheit, so wild und zerrissen als ob er gestern erst zu fliefsen aufgehört hätte, ein mit braunrother Kruste bedeckter ansehnlicher Lavastrom. Er hat diesem Thale bei den Einwohnern den Namen la Fossa delle roche rosse veranlafst, und ist deutlich derselbe, welcher, steil gegen das Meer sich hinunterstürzend, den Berg und das weit hinaus vorspringende breite Vorgebirge, den Monte und das Capo di

4 *

Castagno, bildet. Meines Wissens gedenkt keiner der Beobachter, welche bisher diese Gegenden beschrieben haben, dieser prachtvollen und herrlichen Erscheinung; ja Spallanzani sagt ausdrücklich, dafs in der Berggruppe von Monte Campo bianco und Capo Castagno kein deutlicher Crater zu finden sey, und doch ist diefs der schönste und eigenthümlichste unter den Gegenständen, welche Lipari dem Beobachter darbietet. Wir gedachten bei seinem Anblicke des so oft beschriebenen, nach mehr als fünf Jahrhunderten noch nackt daliegenden Lavastroms dell' Arso auf Ischia, den auch wir einst bewundert hatten; doch es mufs seine ganze Erscheinung, sowohl in Gröfse als Eigenthümlichkeit seiner Verhältnisse, gegen den Crater und die Lava von Campo bianco sehr in den Schatten treten.

Wir besuchten am 16. Januar endlich den Lavastrom von Capo Castagno, indem wir vom Meere, bei Aequa calda *), auf der rauhen Oberfläche desselben bis zu seiner Quelle in dem Crater des Campo bianco hinaufstiegen, und die Wahrnehmung seiner wunderbaren Frische gewährte uns einen seltenen Genufs und sehr reiche Belehrung. Seine sichtbare Mächtigkeit längs den steil aufsteigenden Rändern möchte reichlich 100 Fufs betragen; seine Breite ist unten reichlich von einer halben Miglie, und die Länge mag das Dreifache der Breite besitzen. Seine Hauptmasse ist eine feinfaserige, blasig lichtgraue Bimssteinlava mit einzeln eingestreuten Feldspathkörnern, ganz wie die Lava des Schlofsfelsen von Lipari, und hier sieht man gar sehr deutlich, wie die Längsfasern derselben stets der Längenrichtung des Stromes parallel laufen. Zahlreich mit dieser Hauptmasse verwachsene, oft dicht

*) Ich kann diesen Namen nicht niederschreiben, ohne es ausdrücklich zu erwähnen, dafs wir bei diesem Orte keine Spuren einer warmen Quelle haben finden können. Auch versicherten die Bewohner, welche wir mehrfach befragten, uns einstimmig, dafs hier eine solche nicht vorkomme.

Digitized by Google

über einander wiederholte Glasstreifen geben dieser Lava, in Verbindung mit den Wirkungen ihres Fasergewebes, eine ungemein schöne wahrhafte Flaser-Structur, und oft ist die Richtung dieser Flasern schön und mannigfaltig gewunden und gebogen, wie so häufig bei nackt ausragenden Gneisfelsen. Ihre Neigung daher, stets in Platten zu brechen, wird benutzt, um die schaumig blasigeren Theile ihrer Masse hier als *Bimsstein* in fufsgrofsen, etwa 2 Zoll dicken Tafeln zu gewinnen, welche sich leichter für den Transport eignen, als die in unförmlichen Klumpen gewonnenen, ihnen sonst völlig gleichen *Bimsstein-Auswürflinge*, und welche überdiefs noch als Bausteine, zur Verfertigung von Gewölben, benutzt werden. Eigentliche Schlackenkrusten werden an der Oberfläche dieses Lavastromes nicht gefunden; denn das Ganze ist wohl kaum etwas Anderes, als eine ungeheure Schlackenmasse. Doch ist er uneben und rauh genug durch die ansehnlichen Blöcke seiner, während des Fliefsens wieder gesprengten und fortgeschobenen Oberfläche, welche in wilder Verwirrung über einander liegen. Unter diesen Blöcken zeichnen sich einige ganz besonders durch die grofsen Obsidianstücken aus, welche Theile ihrer Masse bilden, und wir sahen dort unter andern bis 10 Fufs starke Felsstücke, welche ganz reiner glänzender Obsidian waren.

Oben am Anfange des Stromes im Crater hat sich ein breiter ringförmiger Wall oder Wulst von Bimsstein und Obsidianstücken locker aufgehäuft, welche sehr schön eine innere concentrische Einfassung in den steil abgerissenen blendendweifsen Craterwänden bilden. Doch diese grofsartige Fossa von Campo bianco war deutlich einst durch eine viel riesenhaftere eingeschlossen, von welcher die kreisförmig gebogene Westhälfte noch sehr gut in den reichlich 1000 Fufs hohen weifsen Wänden des Monte di tre pecore erhalten ist. Man sieht an ihr sehr deutlich die wagerecht ausragenden Schichtenstreifen der

Bimsstein- und Glasconglomerate, welche die Masse dieses 1600 Fuſs hohen Berges bilden, und man staunt über die furchtbare Gröſse des Ausbruches, welcher einst diese Aufschüttungen zu bilden vermochte. Seine Schichten senken sich sanft gegen N. in das Meer über Acqua calda hinunter, und man sieht dieſs sehr gut in der Ansicht von Saline her (Taf. II Fig. 2 No. 3), gegen S. aber verbinden sie sich durch den gleichfalls ganz aus Bimsstein bestehenden steilen Abhang von S. Eremo mit dem breiten Körper des Monte S. Angelo.

In dem Inneren dieser ungeheuern Bimssteinmasse finden sich mehrfältig dieselben faserigen Laven ausgesondert, deren wir oft schon bei anderen Gelegenheiten gedacht haben, und man sieht von derselben unter andern sehr deutlich zwei Platten über einander an dem Fuſspfade von Castagno nach Caneto. Doch ist ihre Masse im Verhältniſs zu den lockeren Conglomeraten sehr unbedeutend. An dem äuſsersten südlichen Ende aber des äuſseren groſsen Bimsstein-Craters, und in dem Theile desselben, welcher schon zu der Masse des Monte S. Angelo gehört, ist ein ungemein schöner, frischer Lavastrom ausgebrochen, welcher mit sehr rauher Oberfläche drohend über den Häusern von Caneto herabhängt. Man nennt diese Lava il Corrente della Perrera, und sie fällt schon von der Stadt her sehr auffallend in die Augen. Ihr Crater ist gegenwärtig in eine wohl angebaute Ebene, il piano della Perrera, etwa 700 Fuſs über dem Meere, verwandelt; ihr Strom aber liegt immer noch so frisch und unversehrt da, wie jener von Castagno, wenn gleich er ihm an Gröſse wie an Mächtigkeit weit nachsteht. Beide Lavaströme sind die einzigen von dieser vollkommenen Erhaltung, welche die in vorhistorischen Zeiten schon erloschenen Cratere von Lipari darbieten. Die ideale Ansicht, Taf. III Fig. 1, zeigt uns sehr deutlich den Zusammenhang aller der eben beschriebenen Oberflächen-Erscheinungen.

Digitized by Google

Doch ich habe Sie vielleicht schon durch diese wohl zu weit ausgeführten Beschreibungen zu sehr von der Gewinnung einer Uebersicht dieses merkwürdigen Landes abgeleitet, und ich will daher hier nur noch Einiges sich darauf Beziehende hinzufügen.

Die ganze Insel Lipari ist, wie Sie gesehen haben, nichts Anderes, als eine mehr zufällig zusammenhängende Reihe von Eruptions-Bergen, keine in sich abgeschlossene zugerundete Vulcan-Insel, wie Stromboli und das nahe Vulcano; doch die Producte ihrer Ausbrüche sind so *mannigfaltig* und so auffallend von einander *verschieden*, dafs es wohl wünschenswerth seyn möchte, durch Beobachtungen eine Ansicht von der Art der Aufeinanderfolge der Perioden ihrer Bildung zu gewinnen. In der That ist diefs sehr leicht erreichbar, und schon oben bemerkte ich gelegentlich deshalb, dafs die Tuffmasse und die Porphyrlaven von Lipari die ältesten ihrer successiv entwickelten Productionen seyen. Es beweist diefs ein Umstand, welchen ich absichtlich bis hieher verschwiegen habe, nämlich der, dafs die Bimsstein- und Obsidianstücke des nördlichen und des südlichen Bezirks sich sehr häufig auf der Oberfläche des Tufflandes zerstreut finden. Und zwar ist die Art ihrer Anhäufung hier keineswegs ganz unregelmäfsig oder zufällig, wie es bei erster flüchtiger Ansicht leicht scheinen möchte. Schon am Wege von der Stadt nach Caneto sieht man sehr schön von der Höhe der Halbinsel, welche die Monti rossi bilden, gegen N. und W. hin, wie die Schluchten, welche den Abhang des Monte S. Angelo an der Ostseite zerschneiden, unten ganz in dunkelbraune Tuffmasse geschnitten sind; die Stücken zwischen den Schluchten aber und die oberen Theile ihrer Wände sind mit lichtweifser, dünner Bimssteinkruste beregnet, und auf dieser erst ruht dann sehr deutlich der Lavastrom della Perrera. Doch am Gipfel des Monte di S. Angelo ist das Auftreten dieser Erscheinung noch auffallender. Wir sehen

Digitized by Google

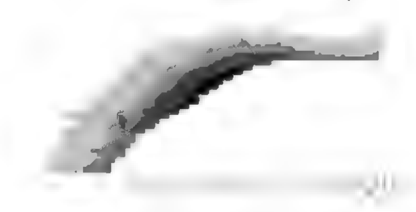
nämlich von dort, dafs sein Nordabbang, der durch einen flachen Thalgrund vom Monte di tre pecore geschieden ist, ganz mit Bimssteinen bedeckt wird, und die Schichten ihrer Conglomerate reichen selbst noch bis zum Gipfel hinauf, und vermehren durch einen deutlich aufgesetzten Wall noch die Höhe seines nördlichen Craterrandes. Auch die Hochfläche von Quattro pani ist zum Theil ansehnlich von Bimsstein- und Obsidian-Ueberschüttungen bedeckt worden, und im Hinuntergehen von dort nach Acqua calda sieht man sehr deutlich das Aufliegen vom Monte di tre pecore auf den Abhängen der hier noch bis an's Meer gehenden Tuffmasse. Wenig jenseits Quattro pani aber, in der Richtung von dort über die Stufe di S. Calogero nach der Kirche dell' Annunziata, also in dem Theile der Insel, welcher ungefähr in der Mitte zwischen dem nördlichen und dem südlichen Bezirke liegt, ist die eben erwähnte neuere Ueberschüttung nur sehr sparsam, und oft gar nicht mehr nachweisbar; doch je mehr man sich in S. dem Monte Guardia nähert, desto mehr sieht man sie stets wieder an Häufigkeit und Mächtigkeit zunehmen. In der Umgegend von Chiana greca sieht man geradezu, dafs die Conglomeratschichten von der Basis des Monte Guardia sich umwendend an den unteren Theilen der Tuffberge emporsteigen, und am Wege von der Stadt nach der Kirche dell' Annunziata beobachtet man oft ganz evident noch die übergreifende und abweichende Lagerung von den Bimssteinen auf der unterliegenden Tuffmasse. Alle Tuffhügel an der Nordseite der Stadt tragen, auch stets wenn sie vereinzelnt stehen, sehr deutlich abgesonderte Bimssteinkoppen, und man sieht diefs vielleicht nirgend schöner, als am Hügel alle Croci, wo diese nahe 20 Fufs dicke Decke noch einen 2 Fufs starken Block grauer Bimssteinlava einschliefst, welche dem Tufflande, das ihn bildet, ganz fremd ist. Seine Kappe aber ist sehr deutlich vom nahen Monte Guardia herüber geregnet, und

nicht vom fernen Campo bianco; denn die in ihr befindlichen Obsidianstücke sind hier, wie an so vielen anderen Orten der Südseite, stets sehr reich an porphyrartig eingeschlossenen Feldspathkörnern. Diese fehlen aber den Obsidianen der Nordseite, deren wir hunderte anschlugen, ohne jemals in ihnen ein ausgeschiedenes Feldspathkorn anzutreffen.

Endlich darf ich übrigens doch nicht ganz verschweigen, dafs wirklich auch lockere Bimsstein- und Glasconglomerate in den alten braunen Tuffbänken gleichförmig eingelagert vorkommen; denn ich sah dergleichen *zu deutlich* in mehreren Theilen der Insel, als dafs ihr Daseyn könnte in Zweifel gezogen werden. Doch befinden sich dieselben theils immer nur in den oberen Theilen der Schichten der alten Tuffmasse, theils sind sie stets so wenig mächtig, dafs sie füglich als aufserwesentlich können behandelt werden.

Es darf also entschieden wohl als Thatsache betrachtet werden, dafs der Tuff und die Porphyrlaven von Lipari die *ältesten* seiner unterscheidbaren Productionen sind. Erst nachdem sich bereits der Monte S. Angelo und seine breit ausgestreckte Basis aus dem Meere erhoben hatte, begann sich das System des Monte Guardia und die Berge von Campo bianco und tre pecore zu entwickeln. Doch der erstere bildete sich wahrscheinlich schon früher als die letzteren, deren Lavaströme zum Theil noch alle Zeichen einer sehr neuen Entstehung tragen. Gewifs ist es merkwürdig, dafs in dieser Gegend nun Feldspath und Glaslaven den *Augit* führenden gefolgt sind, während die Vulcane in der Umgegend Neapels äufserst deutlich die entgegengesetzte Reihenfolge darbieten.

Nach dieser ausführlichen Beschreibung der Hauptinsel bleibt mir nur sehr wenig über die anderen Glieder dieser Gruppe zu sagen übrig. Wir besuchten derselben nur noch zwei, nämlich Vulcano und Saline, und



insbesonders war uns der erstgenannte die Quelle eines sehr lehrreichen Studiums. Vulcano ist bereits schon von Dolomieu in den Verhältnissen seiner äufseren Gestaltung sehr vollkommen und übersichtlich beschrieben worden. Zahlreiche spätere Beobachter, und unter diesen ganz besonders Scrope, haben Licht auf die Erscheinungen seiner merkwürdigen Bildung geworfen, und ich darf daher wohl nur noch hinzufügen, dafs es unmöglich scheint, das vollkommenere und zierlichere Modell einer in sich abgeschlossenen Vulcan-Insel aufzufinden, deren Eindruck auf den Beobachter gleich schlagend und überraschend ist. Das von Ihnen mit so grofsem Rechte einst hervorgezogene Barren-Island in den Andaman-Inseln kann wohl kaum etwas Vollkommeneres darbieten, als der gegenwärtige Eruptionskegel von Vulcano in der ringförmigen Umfassung seines ursprünglichen Craters, wie ihn die beiliegende Zeichnung, Taf. II Fig. 2, zeigt. — Was in Stromboli nur mit geschärfter Aufmerksamkeit und nach mehrfachen Untersuchungen sich erkennen läfst, weil der alte und der neue Kegel dort so innig mit einander verwachsen und überschüttet sind, das entwickelt sich in Vulcano mit ungleich gröfseren Dimensionen und mit so vollkommener Deutlichkeit, dafs ein Blick darauf hinreicht, die ganze grofsartige Erscheinung in ihren Grundzügen klar werden zu lassen. Wir genossen diese eigenthümliche Ansicht zuerst von dem Gipfel des Monte Guardia auf Lipari, in dieser Beziehung wahrscheinlich dem am meisten begünstigten aller Standpunkte, und wir eilten, diese wundervolle und so ganz neue Erscheinung sobald es geschehen konnte, in der Nähe zu bewundern.

Gelandet in der so günstigen und wohl geschützten Meeresbucht, welche das Aufsteigen von Vulcanello an der Ostseite der Insel erzeugt hat, erhebt sich sogleich majestätisch und mit sehr steilen Abhängen der oben breit und flach abgeschnittene Eruptionskegel. Dieser Berg hat nach den Messungen, welche wir glücklicherweise dort

noch ausführen konnten, eine Meereshöhe von 1224 Pariser Fuſs. Seinen Abhang an der Nordseite hinaufsteigend, sieht man ihn ganz gebildet aus sehr fein geschlemmten, fast zu Thon gewordenen Tuffschichten. Diese Schichten sind im Allgemeinen äuſserst regelmäſsig geordnet, dem Abhange parallel laufend, und die auffallende Verschiedenheit ihrer Wirkungen giebt den zahlreichen Einschnitten, welche hier vorkommen, ein sehr wunderliches und fremdartiges Ansehen. Scharfer Wechsel von meist aus zolldicken Streifen von lebhaft eisenrother, oder dunkelbrauner, grauer, rostbrauner und selbst schwarzer Farbe, möchte uns hier leichter an ein Schichtenprofil in den Keupermergeln, als an die Aufschüttungen eines noch rauchenden Eruptionskegels erinnern. Nicht selten sieht man zugleich auch in der Richtung und Verbindung dieser Schichten einige ausgezeichnete Unregelmäſsigkeiten; oft sind sie gebogen und gewunden; oft ruhen die Producte einer späteren Ueberschüttung auf den älteren in schön übergreifender und abweichender Lagerung, und was dergleichen stets anziehende Special-Erscheinungen mehr sind. Im Hinaufsteigen kömmt man ferner etwa in halber Höhe an zwei unmittelbar über einander liegenden Parasiten-Kegeln vorüber, deren unterer noch einen kreisrund erhaltenen, kleinen Crater von etwa 200 Schritt Durchmesser besitzt. Man erreicht endlich den oberen Rand des groſsen Kegels, welcher an dieser Seite nur etwa 800 Fuſs hoch ist, da sein Gipfel sich an der Südostseite befindet; und man tritt hier auf eine schwach gegen N. geneigte Ebene, welche in nie aufhörende Schwefeldämpfe gehüllt ist. Diese Dämpfe, meist mit Schwefelwasserstoff beladener Wasserdampf, zischen siedendheiſs aus den mit Schwefelkrusten dick bezogenen Spalten des Bodens hervor, und die Heftigkeit ihres Ausdrängens hat hin und wieder kleine ofenähnliche Hügel aufgeworfen, welche vorzugsweise zur Gewinnung des Schwefels benutzt werden. Von der NW.-Seite dieser Ebene ist ein plumper,

rauher Lavastrom ausgeflossen, auf welchen wir später wieder zurückkommen werden; denn in S. von der Ebene liegt uns noch ein, etwa 50 Fuſs hoher, lose aufgeschütteter Wall vor, welchen wir überschreiten müssen, um zur Ansicht des gegenwärtigen Craters zu gelangen. Dieser Wall ist fast ausschlieſslich nur aus obigen Obsidianstücken gebildet, welche in allen Stufen und Uebergängen der Entglasung durch das Pechsteinähnliche bis in's Steinartige vorkommen. In dem letzteren ihrer Zustände ist es eine porphyrartige, dichte Lava voll glasiger Feldspath- und Augitkörner.

Doch ich will mich hier nicht aufhalten, um sogleich Ihnen den Eindruck zu schildern, welchen der unerwartete Anblick des Haupt-Craters so ergreifend auf den Beobachter ausübt. Eine ringsum ganz geschlossene, kreisrunde Vertiefung, von oben etwa 3000 Fuſs im Durchmesser und mit oft mehr als 600 Fuſs hohen, senkrecht abstürzenden Felswänden umgeben, ist an sich schon keine gewöhnliche, keine gleichgültige Erscheinung. Doch die Farbe dieser mit Schwefel- und Salzkrusten so wunderbar und mannigfaltig bedeckten Einfassungen, die dicke graue Dampfmasse, welche überall hervordringt und den Boden dieser schauerlichen Tiefe mit den stets bewegten Formen ihrer emporwirbelnden Wolken verdunkelt, giebt dem Ganzen etwas unglaublich Majestätisches, eine furchtbare und Grauen erweckende Schönheit. Ueberrascht und erschrocken zugleich träumt man sich hier an den wahren Pforten der Unterwelt.

Nicht zu allen Zeiten ist es möglich auf dem st[illegible] gewundenen Pfade in das Innere dieses prachtvollen Crater-Beckens hinabzusteigen, und auch als wir uns do[rt] befanden, waren die Wirkungen der schwefelbeladenen Dämpfe stellenweis sehr beschwerlich, ja fast ganz unerträglich zu nennen. Der Aufenthalt in der Tiefe ist se[hr] lehrreich durch den Anblick so zahlreicher veränderter Gesteine, welche von den Wirkungen der Dämpfe [illegible]

in's Innerste zersetzt wurden, und dennoch stets Festigkeit und Zusammenhang behalten haben. Die harte, schwarze Obsidianmasse selbst ist hier sehr deutlich in einen schneeweifsen, dichten Thonstein verwandelt, in welchem hin und wieder noch einige schwarze, glänzende Körner zerstreut liegen, und auf ihren Klüften hat der Schwefel sich so wunderschön in Trümmern, kleinen Nestern oder Drusenräumen ausgebildet, dafs wir lebhaft an die mit eben solchen Trümmern durchzogenen Kalksteinstücke aus den Schwefelgruben Siciliens erinnert wurden. Kleine Höhlungen trugen hier oft sehr zierliche Gypsdrusen, andere waren mit noch räthselhaften blutrothen Krystallnadeln erfüllt, und das Ganze war sehr angenehm durch den lebhaft rothgelben Selen-Schwefel verkittet, an dessen Oberfläche sich hin und wieder grofse Flächen jener oft seidenartig glänzenden Schüppchen ausbreiteten, mit welchen hier, wie frischgefallener Schnee, sich die fortwährend sublimirte *Borsäure* ansetzt. Ein grofser Theil dieser merkwürdigen Gesteine wird als Alaunstein benutzt; andere führen sehr kenntliche Salmiakkrusten. Gypsrinden, Vitriolkrusten und eisenreiche saure Thone u. drgl. sind überall ganz gewöhnliche Erscheinungen, und der Chemiker möchte hier überreiche Befriedigung finden. Auf dem Boden dieses Craters, welchen wir in 507 Fufs Meereshöhe fanden, liegt ein, etwa 80 Fufs hoher Hügel von wild durch einander geworfenen Steinblöcken, welchem die Schwefeldämpfe mit ganz besonderer Heftigkeit und Stärke entströmen, und sein Inneres soll bei Nachtzeit, nach vielfach übereinstimmender Aussage der Arbeiter, dunkelglühend roth durchscheinen; ob erhitzt in solchem Grade durch die zusammengeprefsten Wasserdämpfe? ich weifs es nicht, doch höchst wahrscheinlich durch keine noch im Inneren glühende Lavamasse. An den Wänden des Craters stiegen die Dämpfe sehr artig in spaltenähnlichen Linien von schön geschlängelter Windung und ansehnlicher Länge auf, und

Digitized by Google

ihr Toben gleicht dem nahen Rauschen des Meeres, un den Eindruck dieser schauervollen Einsamkeit noch er greifender und grofsartiger zu machen. In der That, di Explosion, welche diese wundervolle Höhlung zurück liefs, mufs eben so furchtbar als energisch gewesen seyn.

Wieder hinaufgestiegen aus dem Crater, sahen wi nun sehr deutlich, wie die Producte verschiedener Au schüttungen den oberen Rand seiner Einfassungen zu wi derholten Malen verändert und erhöht haben. Die neuest von allen bildet den Gipfel des gegenwärtigen Kegels i SO. Doch wir wenden uns zu der Lava, deren w schon oben gedacht haben, am NW.-Abhange. Il Strom, welcher mit allen Zeichen der Neuheit seiner En stehung bis zur Basis des Berges fortsetzt, ist wahrschei lich das Product jenes von Dolomieu erwähnten let ten Ausbruches von Vulcano im Jahre 1775. Sein G stein ist weit vorwaltend Glas- und Bimsstein-Lava. I nige Blöcke, welche an der Oberfläche herabgerollt l gen, sind ganz schwarzer, schwerer, glänzender Obsidia doch fast immer voll sehr langgezogener, platt gedrü ter, meist 3 bis 4 Fufs langer Blasenräume, deren In res mit langen rohen Bimssteinfasern erfüllt ist. S häufig schwimmen frei in der Glasmasse die oft erwä ten faserigen Krystallitkugeln, oft mit steinig dichten M telpunkten. Die Hauptmasse der Lava selbst aber ein schaumiger, dunkelgrau gefärbter Bimsstein voll z reicher grofser Höhlungen, in welche dieselbe Masse mit blumenkohlartig geformten Excrescenzen hineinr Auf der Oberfläche trägt sie stets eine Emailkruste; d nie sahen wir hier jene oft wiederholte Abwechsel von Glasstreifen oder jene gleichartige Richtung der rallel-Fasern in dem Bimsstein, welche auf Lipari nie fehlenden Regel wurde. In der Grundmasse di Stromes von Vulcano waren dagegen sehr häufig fest gebacken, wie Einschlüsse, nufsgrofse Kerne von röth grauer und grauer dichter Thonsteinmasse voll we

Digitized by Google

glasiger Feldspath- und Augitkörner, augenscheinlich wohl nichts Anderes, als die ganz entglaste und compact gewordene Masse, welche, aufgebläht und glasig, den ganzen Strom bildet.

Diese Lava ist übrigens keineswegs die einzige sichtbare in der Zusammensetzung des gegenwärtigen Eruptionskegels. Eine wahrscheinlich ganz ähnliche, jetzt von neuen Ueberschüttungen bedeckte, springt am Fuſse dieses Berges gegen NO. in's Meer vor, und das Innere des Craters ist theilweise von sehr mächtigen Abstürzen massiger Lava, besonders an seiner Nordseite, umgeben.

Der mächtige äuſsere Ring, welcher die Einfassung des Eruptionskegels von Vulcano bildet, verhält sich zu diesem genau so, wie der Somma zum neuen Vesuv-Kegel. Auch er ist zur Hälfte zerstört oder vielleicht niemals an beiden Seiten völlig ausgebildet worden, und ein tiefeingeschnittener zirkelförmiger Thalgrund trennt den inneren von dem äuſseren Ringe. Doch die Aehnlichkeit dieser Verhältnisse ist nur eine ganz allgemeine, und sie läſst sich keineswegs bis in ein gröſseres Detail hier verfolgen; denn die Natur der Gesteine, welche beide Vulcane bildet, ist von zu heterogener Beschaffenheit, und mit ihr sind es auch die Formen der Oberfläche. Dieser Somma von Vulcano steigt keineswegs so steil und mit so schroff zerrissenen Felswänden aus dem Inneren seiner Caldera hervor, da die einwärts gekehrten Abhänge bei ihm sehr hoch mit dem Sande und den Bruchstücken des neuen Eruptionskegels beschüttet sind, und nie sah ich an diesen Wänden die den Somma so sehr bezeichnenden Lavagänge. Auf dem oberen scharfen Rande endlich ist der Ring von Vulcano nicht im Entferntesten so zackig zerschnitten, als jener des Monte Somma; sondern er theilt sich vielmehr nur in zwei leicht geschiedene Gipfel, deren südwestlicher, stumpf kegelförmig, Monte Saraceno, der südöstliche aber, ein sanfter langer Rücken über einer weit ausgedehnten Fläche, Colle

chiano genannt wird. Beide Gipfel mögen etwa gleich hoch und kaum mehr als 300 Fuſs höher seyn, als der Gipfel des Eruptionskegels. Wir bestiegen den ersteren, um ein Bild von der Zusammensetzung des ganzen äuſseren Ringgebirges zu gewinnen.

Auf dem Wege, welcher dahin führt, geht man lange Zeit in dem Thale zwischen dem äuſseren und dem inneren Ringe, und man sieht an den Abhängen des ersteren sehr deutlich das Ausragen der Schichtenköpfe regelmäſsig abwechselnder Laven-, Tuff- und Conglomerat-Bänke. Auf dem Boden in dem Sande liegen zahllose weiſse Bimsstein-Brocken zerstreut, ganz besonders aber erregen die Aufmerksamkeit groſse, deutlich hieher geworfene Blöcke der eben beschriebenen Lavamasse. Man findet deren mehrere von 3 bis 4 Fuſs Durchmesser, und oft sind sie beim Niederstürzen auffallend geplatzt und zersprungen. Ihr Inneres ist beständig ein leichter, schaumiger, dunkelgrauer Bimsstein, ihre Oberfläche aber ringsum in plumpen Kugelgestalten eine dünne und gleichförmige Obsidiankruste. Endlich in etwa 400 bis 500 Fuſs Höhe erreicht man, aufsteigend an den Wänden des alten Craters, die ersten seiner ansehnlich dicken Lavabänke. Schon Dolomieu war die Verschiedenheit in der Natur dieser Laven, verglichen mit den Laven des neuen Kegels, sehr auffallend, und in der That ist sie es auch in sehr hohem Grade. Denn anstatt jenes Bimssteins und der Glaskrusten sehen wir hier eine fast krystallinisch oder grob-erdigkörnige Grundmasse von röthlichgrauer Farbe und ansehnlicher Festigkeit vor uns. Sie enthält porphyrartig ausgeschieden sehr häufig weiſse, glasglänzende Feldspathe und sehr viel dunkel schwarzgrüne, zum Theil vollkommen ausgebildete Augitkrystalle. Es ist dieſs also ein wahrer *Trachytporphyr*, oder dasselbe wie die alte Lava auf Stromboli. Ihre Grundmasse enthält kleine Höhlungen, und dieselben sind theilweise mit Anflug von *Eisenglimmer* bezogen, theilweise mit erdigen, lebhaft grü-

Digitized by Google

grünen *Malachitkrusten.* Oft ist auf Klüften in ihr eine milchfarbene *Chalcedonmasse* verbreitet, die indeſs selten nur mehr als linienstarke Trümmer bildet. Von solcher Art ist die Beschaffenheit der hier vorherrschenden Lava; doch finden sich, wie leicht zu erwarten, von derselben auch sehr zahlreiche Abänderungen. Sehr oft ist die Grundmasse schön fein krystallinischkörnig, wie es scheint, nichts als Feldspath, zuweilen mehr vollkommen erdig, ein wahrer Thonstein, und dann oft von dunkel eisenrother Färbung, oft voll Blasenräumen. Die Augitmasse scheidet sich ferner nicht selten auch in nuſsgroſsen körnigen Parthien aus, welche vollkommen an wahren Coccolith erinnern. Zuweilen endlich wird die Farbe der sehr dichten, festen Lava völlig schwarzgrau, und das Gestein wird dann vollkommen *Melaphyr* ähnlich; oder ein anderes Mal war die Farbe mehr dunkel schwarzroth, die Grundmasse ganz dicht und schwachschimmernd, mit muschligem, scharfkantigem Bruch, und die ausgeschiedenen Feldspath- und Augitkrystalle werden seltener. Das Ganze gleicht dann in sehr hohem Grade einem gewöhnlichen sogenannten *Hornsteinporphyre.* Doch ich ende diese Aufzählung von Abarten.

Der Lava folgt im Aufsteigen eine ansehnliche *Tuffmasse,* braun, locker und feinkörnig, in ansehnlich dicke Bänke gespalten, und den Gipfel des Berges endlich bildet eine sehr starke Decke von unzusammenhängenden eisenrothen Schlackenstücken, welche häufig an die blasenreichen Wackengesteine der Basalte und der Mandelsteine erinnern, und oft viel Augit, seltener Feldspathkörner in der Grundmasse führen. Diese ganze Masse ferner, *Laven, Tuffbänke* und *Schlackenhaufen* zusammengenommen, liegt sehr gleichförmig auf einander, und sie fällt unter sehr sanftem Winkel gegen SW. Concentrisch, aber sich herumlegend bildet sie nächstdem gegen S., und dann weiter gegen SO. fallend, den Mantel dieser ringförmigen Einfassung. Nach dem Inneren des alten

Digitized by Google

Craters biegen ferner noch die Schichten dieses Ringes, wie bei neueren Cratern, nicht selten über, und fallen dann dem Centrum ihrer vormaligen Eruption zu. Insbesonders ist diese auffallend in einer breiten und hohen Ebene, welche dem Colle chiano nordwärts vorliegt. Sie besteht auf der Oberfläche vorwaltend aus Tuffbänken.

Im Hinuntersteigen in das Thal aber, welches zwischen ihr und dem gegenwärtigen Eruptionskegel liegt, kehren noch zwei Mal etwa 10 Fufs starke Bänke des rothgrauen *Trachytporphyrs* wieder, und ihre deutlich erkennbaren Schlackenkrusten an der oberen, so wie an der unteren Fläche, beweisen, dafs sie einst wirklich als Lavaströme geflossen seyen. — Somit enden wir die Betrachtung der vornehmsten Erscheinungen, welche die äufsere Umkränzung des schönen Eruptionskegels darbietet.

Doch bevor wir jetzt Vulcano ganz verlassen, scheint es schicklich, die Betrachtung einiger minder wesentlichen, doch keineswegs ganz uninteressanten Erscheinungen auf dieser merkwürdigen Insel noch nachzuholen. Aufser den beschriebenen Hauptverhältnissen giebt es nämlich hier im N. des grofsen Eruptionskegels noch zwei minder bedeutende Kegel der Art, einer unmittelbar neben dem Landungsplatze, dicht neben den Gebäuden der dortigen Solfara, der andere in dem fast isolirt stehenden und in historischen Zeiten noch entstandenen Volcanello.

Der erste beider eben genannten Hügel ist zwar grofsentheils zerstört, theils natürlich durch die Wirkungen der Atmosphäre, der Meereswellen und der durchdringenden Dampfmassen, theils künstlich, da er den Haupttheil des Materials zu der Bereitung des Alaunes liefert, welcher hier in sehr ansehnlicher Menge gewonnen wird, doch ist seine stehengebliebene Masse immer noch ansehnlich genug, um daraus seine ursprüngliche Beschaffenheit deutlich ableiten zu können. Seine sehr wohl

Digitized by Google

erkennbaren Schichten, von welchen gegenwärtig nur noch die südlich fallenden übrig bleiben, bestehen deutlich aus einem Wechsel von Lava- und Conglomerat-Bänken; was aber besonders sie sehr auszeichnet, ist die weit vorschreitende Zersetzung, in welcher sich das Innere ihrer Masse befindet. Insbesonders an dem Meeresstrande ist das Studium dieser Wirkungen sehr anziehend, weil die fortschreitende Zerstörung dort stets neue Profilwände blofs legt. Indefs kömmt hier kaum etwas Anderes vor, als was wir oben in dem Crater, oder bei den Wirkungen der Fumarolen auf Lipari bereits ausführlicher und vollständiger beschrieben haben. Eine ausgezeichnet schöne Porphyrlava zeigt uns hier in Bruchstücken alle Spuren einer in ihr langsam fortschreitenden und vollkommenen Zersetzung, eine andere Lava, den Aetnalaven ähnlich, ist voll feiner Blasenräume, welche sehr zierliche *Gypsdrusen* aufweisen, und die Decke der hier abgerissenen Felswand ist reichlich mit milchweifsen, schönen Fasergypsen durchzogen, welche stellenweise sehr vollkommene, bis 3 Zoll dicke Trümmer bilden. In den anderen Theilen der Masse bildet Schwefel eine innige und sehr reichliche Durchdringung, und zahlreiche Ausblühungen schwefelsaurer Thon- und Eisensalze beweisen, dafs ein Theil seiner Masse oxydirt worden. So bildet sich denn hier also der Alaunstein noch unter unseren Augen fort, und die Ursache dieser Bildung ist leicht einzusehen. Denn ganz dicht daneben, und muthmafslich da, wo die Crateröffnung des hier einst gebildeten Eruptionskegels befindlich war, entweicht unter dem Meere hier fortwährend ein starker Strom heifser Wasserdämpfe, und es entwickeln sich sehr zahlreiche Luftblasen, welche starken Schwefelwasserstoff-Geruch aushauchen. Ich fand hier die Wärme des Meerwassers zu 28° R. Am Lande aber sieht man dicht daneben in einer kleinen Vertiefung etwas stark brodelndes Wasser gesammelt, und das hineingehaltene Thermometer erreichte hier au-

Digitized by Google

genblicklich den Siedepunkt. In der That, es ist vollkommen unmöglich, sich den klar ausgesprochenen Ursprung einer warmen Mineralquelle von der Natur selbst deutlicher vorführen zu lassen.

Der letzte unter den Eruptionskegeln von Vulcano endlich ist das fast inselförmig abgeschnittene, ringsum frei aufsteigende Vulcanello, welches sich wahrscheinlich, nach den Berichten der Geschichtsschreiber, etwa 200 Jahre vor Christo zu bilden begonnen hat. Es ist mit der Hauptinsel Vulcano nur durch eine sehr flache, sandige Landzunge verbunden, welche jetzt noch bei Stürmen nicht selten von den Meereswellen bedeckt wird. Sein kleiner breiter Kegelberg, welchen wir am 19. Januar besuchten, erhebt sich etwa zu 300 Fufs über der Meeresfläche. Er besteht aus ringsum excentrisch abfallenden dunkel rothbraun gefärbten und sehr feinerdigen Tuffschichten, und sein Gipfel zeigt noch deutlich drei Cratermündungen, welche sich sichtbar nach einander müssen gebildet haben. Die mittlere und die östliche derselben sind bereits sehr zerstört und verändert. Doch die westliche, und wahrscheinlich die neueste, ist noch vollkommen erhalten worden. Etwa 50 Fufs tief, und von etwa 200 Fufs im Durchmesser, ist sie zum Theil noch mit Schwefelkrusten bekleidet, und an ihrer Ostseite entweichen noch gegenwärtig mit Schwefel beladene Wasserdämpfe. An der Basis dieses Kegels ringsum, doch besonders an der N.- und der W.-Seite, ist ein sehr nett umschriebenes kleines Lavafeld ausgebreitet, dessen Oberfläche sehr sanft gegen die Quelle seines Ursprungs emporsteigt. Diese Lava gleicht jenen oben beschriebenen neuen Auswürfen von Stromboli, mit schwarzer, dichter, schwach schimmernder Hauptmasse, und mit darin befindlichen vielen Feldspath- und noch zahlreicheen Augitkörnern. An der Nordseite insbesonders hat das Meer sie steil abgeschnitten, und die Bildung einer 30 bis 40 Fufs hohen, fast senkrechten Felsenküste ent-

Digitized by Google

blöfst hier sehr häufig rohe Säulenprofile und Anfänge grofser schaalenförmiger Kugel-Absonderungen, wie sie so zahlreich uns aus Steinbrüchen in Basalt- oder in Porphyr-Bergen bekannt sind. Die Oberfläche dieser Lavamasse ist mit feinem schwarzen Augitsande bedeckt; doch wir sahen in ihr sehr zahlreich etwa 2 bis 3 Fufs hohe Hügel von aufgeblähten kuppelförmigen Schlackenkrusten ausragen, welche beim Auftreten einen dumpfen hohlen Klang geben. Unwillkührlich kam uns beim Anblick dieser ausgezeichneten Verhältnisse Alexander v. Humboldt's Beschreibung des Malpais, in den Umgebungen des Jorullo, in's Gedächtnifs, und wahrlich es mag wenig ihm so vollkommen im Kleinen gleichende Modelle geben, als der ebenfalls in historisch bekannten Zeiten emporgestiegene Inselberg Vulcanello, und das Lavafeld an der Basis seiner Abhänge.

Dem von Lipari gegen NW. liegenden *Saline* widmeten wir am Ende dieses, dem ganzen kleinen Archipelagus bestimmten Ausflugs, noch eine anhaltende, wenn gleich kaum entsprechend belohnte Sorgfalt. Diese ausgezeichnete Insel ist unstreitig wohl nächst Lipari die bedeutendste der ganzen Gruppe, und ihre Ansicht von fernher imponirt sehr durch zwei sehr schön steil auf steigende Kegelberge, welche, vereinigt an ihrer Basis, diesem Lande bei den Alten den so wohl bezeichnenden Namen Didyma veranlafsten. Schon Dolomieu bemerkte, dafs diese Berge sehr wahrscheinlich die höchsten Gipfel der ganzen Gruppe bilden, und wir schätzten ihre Höhe durch Vergleichung auf etwa 3500 Fufs über der Meererfläche. Beide Gipfel liegen einander in SO. und NW., und der erstgenannte, welcher mit weitschweifigem Namen il Monte della Fossa dei Filici, nach Smyth's Charte Monte Salvatore genannt wird, ist unstreitig etwas höher als der letztere. An ihn schliefst sich mit sanft abfallender Scheitellinie, etwa 100 Fufs unter seiner Spitze, gegen NO. ein lang gedehnter Rük-

Digitized by Google

ken an, welcher, zur Punta Apullara hin fortlaufend, mit etwa 1000 Fufs hohem, steilem Abhange in's Meer fällt. Sein höchster Punkt an dem Abhange des Hauptberges ward uns von den landeskundigen Einwohnern übereinstimmend Monte Monachello genannt, und von ihm ist die Ansicht von Lipari und Vulcano genommen worden, welche Tafel II Fig. 2 zeigt.

Die ostwärts gekehrten Abhänge des Rückens und des Hauptberges über dem malerisch gelegenen Dörfchen Sta. Marina sind sehr steil, doch ohne nennenswerthe Felsen-Entblöfsung. Wir erstiegen sie am 21. Januar, und fanden sie bis sehr weit hinauf fast ganz einförmig gebildet aus meist grobkörnigen, roherdigen, lockeren *Tuffbänken* von schmutzig braungelber, oder zuweilen wohl hocheisenrother Färbung, welche sehr lebhaft an die Tuffmasse von Lipari erinnern. Ihr Fallen war stets regelmäfsig den Abhängen parallel etwa mit 20 oder 30° gegen O. oder SO. gerichtet. Nur ein einziges Mal trafen wir ziemlich weit unten eine etwa 10 Fufs dicke Bank schwarzer Porphyrlava ausragend, oben und unten eingefafst von sehr ausgezeichneten Schlacken-Conglomeraten, und die benachbarten Tuffschichten etwas störend, wie stets in ähnlichen Fällen auf Lipari. Doch in etwa zwei Drittel der Erhebung dieses Berges beginnt diese Erscheinung sehr viel häufiger zu werden. Zahlreiche *Lavabänke* von meist röthlichgrauer, thonsteinartiger Grundmasse erscheinen hier zwischen den Tufflagen; sie enthalten stets viel hellfarbige, glasglänzende Feldspath- und nicht minder häufig schwarzgrüne Augit-Körner, und die obersten dieser Lavabänke erscheinen ausragend auf dem Gipfel des Hauptberges. Dort zeigt sich uns das Bild eines von der Zeit und dem Wetter zerstörten, doch noch deutlich erkennbaren Craters, welcher mit grofsem Rechte la Fossa de' Filici genannt wird. Der Durchmesser dieser kreisförmigen, sanft eingesenkten Fläche mag etwa 600 Schritt betragen. Ihre Einfassung an der West-

Digitized by Google

seite ist fast völlig verloren gegangen; in Ost aber ist sie etwa noch 50, und in N. etwa 80 Fufs hoch über der Grundfläche des locker aufgeschütteten Bodens hervorragend. Die Lava dieser Einfassungen bildet unregelmäfsig ausragende Felsklumpen. Alle Spuren ihrer ursprünglich frischen Beschaffenheit sind längst an ihr verloren gegangen, und es ist daher wohl gewifs, was auch die Geschichte uns versichert, dafs kein menschliches Andenken mehr den Zeitraum bewahrt hat, in welchem dieser Berg ein noch thätiger Vulcan war. Ganz dasselbe gilt nicht minder auch von dem benachbarten Monte Monachello; denn dieser und der ihm zugehörige Bergrücken bilden sehr deutlich den Ueberrest eines ursprünglich sehr ansehnlichen Craters, dessen ganze Nordwesthälfte weit hinunter zerstört worden. Sein Inneres zeigt uns beträchtliche Felsmassen, ganz derselben eben von uns beschriebenen Lava ähnlich, welche theilweise noch in malerischen Gruppen an dem reich bewachsenen Westabhange ausragen, und besonders in der Ansicht von dem Meere bei Amalfa her eine ausgezeichnet angenehme Wirkung machen.

Der zweite unter den oben erwähnten Kegelbergen in NW. vom Monte Salvatore heifst bei den Einwohnern il Monte della Valle di Spina, auf Smyth's Charte Monte Vergine, und schon Dolomieu rühmt sehr seine so auffallende regelmäfsige reine Kegelgestalt, welcher wir die keines anderen uns bekannt gewordenen Berges in Vollendung an die Seite setzen können. Wir berührten seine Basis an der Südseite bei dem Dorfe Arenella, und wir trafen dort zunächst eine sehr ansehnliche von ihm ausgegangene Lavamasse von ganz gleichartigem Charakter, wie die eben erwähnten Gesteine der Fossa de' Filici. Im Hinaufsteigen seiner ermüdend steilen Abhänge sieht man nirgend hier die am anderen Berge so vorwaltenden Tuffbänke. Anstatt ihrer setzen den Kegel meist noch sehr frische Conglomeratmassen zusammen, ganz aus grofsen eckigen Schlackenstücken gebildet, welche meist

Digitized by Google

lose aufgeschüttet über einander liegen. Zuweilen auch sind sie locker an einander gekittet, und bilden rohe, plumpe Bänke, welche den Abhängen des Berges parallel fallen. Fast glaubt man hier an der Oberfläche eines noch thätigen Eruptionskegels zu wandern. Auf dem Gipfel endlich unterscheidet man noch sehr deutlich die Gestalt einer hier vormals befindlichen Cratervertiefung, und ihr nahe finden sich wieder Bänke von Porphyrlaven. Dieser Crater, welcher la Valle di spina genannt wird, hat gegenwärtig etwa 300 Schritt im Durchmesser, und die Mitte seiner Senkung mag kaum mehr als 50 Fufs unter den Rändern seiner Einfassung liegen. So belohnt also auch dieser Berg nur sehr wenig die Anstrengungen seiner mühevollen Ersteigung.

In dem anmuthigen und so schön bebauten Thale, welches sich quer durch die Insel in der Richtung von SW. nach NO. von Arenella bis nach Amalfa hin durchzieht, fliefsen die unteren Theile von den Abhängen der drei eben genannten Berge zusammen. Seine Grundfläche bilden vorwaltend zusammengeschwemmte braune Tuffmassen, und sie hebt sich in der Mitte der Insel reichlich zu 400 bis 500 Fufs über der Meeresfläche. Wo der Weg endlich nordwärts nach Amalfa hinabsteigt, beginnen ansehnliche Massen von schwarzer Porphyrlava, und mehrfach abwechselnd mit fast wagerechten Tuffbänken erscheinen dieselben stets wieder bis zum Saume der felsenreichen Nordküste. Allein hier an der Nordseite der Basis von dem Monte della Valle di spina zeigt sich uns noch eine andere, vielleicht beachtenswerthe Erscheinung, von welcher gegenwärtig einige Worte noch hinzuzufügen nicht ganz unpassend seyn möchte. Man findet nämlich in W. von Amalfa die dunkelbraunen Tuffmassen jener eben erwähnten Basis sehr deutlich bedeckt von ganz locker aufgeschütteten *Bimsstein-Conglomeraten.* Ihre Bruchstücke sind graulichweifs, bis faustgrofs, und enthalten nur sehr selten die ihnen sonst so häufig un-

Digitized by Google

tergeordneten Glasstreifen. Obsidianstücke sah ich niemals hier; dagegen sehr oft mit den Bimssteinen vermengt schöne Bruchstücke von schwarzen und rothen Porphyrlaven, und einmal sogar fand sich ein sehr vollkommenes, ganz kleinkörniges *Granit-Geschiebe.* Diese ganz neue Erscheinung bildet westlich von Amalfa einen sanft gegen das Meer neigenden Bergrücken, dessen Höhe wir zu etwa 600 Fuſs schätzten, und jenseits desselben liegt in halbkreisförmiger, gegen das Meer offener Ebene das einsame Dörfchen Pedara. Dort hinübergehend sahen wir die Bimssteine stets gleichförmig in lockeren Schichten unter etwa 12° bis 15° Neigung von den Abhängen des Monte Valle di spina gegen NO. in's Meer fallen. Ihre Brocken enthalten sehr oft schwarze, stark glänzende Glimmertafeln und kleine Augitkrystalle, wie so häufig die Bimssteine an den Abhängen des Monte Somma bei Neapel. Im Hinuntersteigen nach Pedara liegt die Oberfläche reich bedeckt mit groſsen Blöcken schöner Porphyrlava, welche sichtbar sich von ansehnlichen Lavabänken losrissen, die am Abhange des nahen Kegelberges ausragen; doch der Boden jener kreisrunden Vertiefung, welche la Fossa della Pedara genannt wird, ist nichts Anderes, als die bis hieher überschrittene Bimsstein-Conglomeratmasse. Ihre Bildung ist sehr auffallend, und sie lieſs uns zuerst hier einen untergeordneten Seiten-Crater des Monte Valle di spina vermuthen; doch es fehlen ihr dazu die concentrisch von ihr abfallenden Schichtenbildungen.

Von Pedara gegen das Meer hin steigt man sehr schnell auf engem, steilem Fuſspfade an dem senkrecht hier, und reichlich 100 Fuſs hoch abgeschnittenen Küstenrande hinunter. Man sieht hier nur die wagerecht weithin fortlaufenden Schichtenköpfe der Bimssteinbänke mit eingemengten Lavastücken, welche die Einfassung einer tief ausgehöhlten Cala oder Bucht bilden. Der weit vorliegende, ganz einzeln stehende Inselfelsen, welcher il

Digitized by Google

Faraglione della Pedara genannt wird, ist plumpe, schwarze Lavamasse. Sehr schön und mannigfaltig ist der Anblick und die Gestaltung der Felsenküste, welche von hier aus nach Amalfa hin anhält. Denn der Bimsstein bildet sehr bald hier bis 300 Fuſs hohe, senkrecht emporsteigende Felswände, und unten an der Basis derselben ragen überall schwarze Lavamassen aus, und mit ihnen häufig abwechselnd sehr ansehnliche Schlackenbänke. Einzelne Felsen dieser Lava sind sehr malerisch gestaltet, und wir werden so unter andern niemals den Anblick einer ganz aus schwarzer Masse gebildeten frei stehenden schönen Felsenpforte vergessen, welche mit leichter Ueberwölbung am östlichen Ausgang aus der Cala della Pedara hervortritt. Ihre Höhe schätzten wir reichlich zu 40 Fuſs, die Spannweite des oberen Gewölbes zu 20 bis 30 Fuſs, und die Wirkung ihres Anblicks zwischen den Felswänden einer unwirthlichen Küste, bespühlt von den aufgeregten Meereswellen, ist in hohem Grade romantisch und anziehend. Die Bimssteindecke nimmt näher Amalfa sehr allmälig immer an Stärke ab; doch die unterliegenden Lavafelsen dauern fort in Verbindung mit braunen Tuffbänken, und die steil abgerissene Küste hört nicht auf, dem Beobachter schöne Durchschnitte darzubieten. Ganz dasselbe zeigt sich ferner noch auf dem Meeresweg von Amalfa nach Sta. Marina, wenigstens bis zur Punta Apullara, wo die Nordküste aufhört und schnell absetzend mit der angebauten, sanfter auslaufenden Ostküste zusammentrifft. Dort fährt man unter den stets fast senkrecht abfallenden Wänden vorüber, mit welchen der vom Monte Monachello ausgehende Bergrücken in's Meer stürzt, und die Küste entblöſst, reichlich eine Miglie lang, ein sehr lehrreiches Profil zweier über einander liegender abweichender Bildungen, welche das Innere dieses Bergrückens zusammensetzen. Ihre Wände sind hier reichlich stets im Mittel 100 Fuſs hoch, und die untere 30 bis 40 Fuſs Höhe zeigen den Wechsel äuſserst zahl-

Digitized by Google

reicher, scharf absetzender Lava- und Tuffbänke, welche mit steiler Neigung, unter Winkeln von 30° bis 40°, in's Meer fallen. Die ersteren, die Lavabänke, sind vorwaltend sehr regelmäfsig; doch treten sie auch nicht selten aus der Tiefe in sehr rohen, plump geformten, grofsen Massen hervor, welche sehr oft an die Weise erinnern, wie Basaltmassen bei uns im Tuffe stecken. Ihre Durchschnitte sind dann sehr häufig in rohe, säulenförmige Gruppen gespalten. Nicht minder aber auch zeigen sich hier noch so oft *Lavagänge*, welche in jeder Richtung durch den Tuff steigen, sich kreuzen und sehr eigenthümliche, oft netzförmige Verzweigungen bilden.

Dieser untere Streifen der Küste endet nach oben hin stets in wagerechter Linie, und dieselbe wird sehr auffallend durch eine rohe Lage über einander geschütteter, meist stark abgerollter Lavablöcke bezeichnet, zum Beweise, dafs sie einst frei liegender Boden war. Gegenwärtig aber erheben sich über ihr die steil abgerissenen Durchschnitte von stets wagerechten und dunkelbraunen Tuffbänken, das Product einer neuen Aufschüttung. Und der Abschnitt, welchen beide so abweichend über einander gelagerten Bildungen machen, ist in hohem Grade schon von fernher durch den Anblick dieser Küste in die Augen fallend. Ihn verdeutlicht die Skizze Taf. I. Fig. 4.

Von dem Plane, noch die anderen hieher gehörigen Inseln, nämlich Felicudi und Alicudi, zu besuchen, nöthigten die Verhältnisse der Jahreszeit und der sehr geringe Schutz, welchen die Felsenküste dieser Eilande darbietet, uns abzustehen; doch ward unseren Wünschen, über die Beschaffenheit derselben etwas Befriedigendes in Erfahrung zu bringen, sehr gefällig nach unserer Rückkehr zu Neapel durch den rühmlichst bekannten Botaniker Hrn. Giovanni Gussone entsprochen, welcher diese Inseln besucht und selbst Bruchstücke ihrer Gesteine gesammelt hatte. Es scheint mir daher nicht unpassend,

diesen bis hieher nur auf eigene Beobachtungen gegründeten Beschreibungen nun auch noch einige der wesentlicheren unter den Bemerkungen hinzuzufügen, welche wir der Güte unseres wohl unterrichteten Freundes verdanken.

Felicudi zunächst ist der Hauptmasse nach ein einfacher Kegelberg, dessen Meereshöhe Capitain Smyth zu 3041 Fufs englisch oder zu 2853 Fufs Pariser Maafs angiebt (Taf. III Fig. 2). Seine Masse zeigt uns die Bildung zweier Crater, deren einer dem Gipfel nahe, der andere, aber niedrigere, an der Südseite liegt, und, wie jener auf Saline, la Fossa dei Filici genannt wird. Dieser letztgenannte von beiden ist zugleich auch der gröfsere. Aufser ihnen legt sich endlich noch ein kleiner, isolirt stehender Kegelberg der Südostseite der Hauptinsel vor, und er bildet, durch eine Landzunge mit ihr verbunden, einen von fernher sehr wohl in die Augen fallenden Anhang, welcher Capo Graziano genannt wird. Dieser Anhang ist deutlich noch ein anderer Eruptionskegel mit den Resten eines bereits sehr zerstörten Craters.

Die Bestandtheile dieser Insel gleichen in so hohem Grade den Bildungen von Saline, dafs es kaum nöthig ist, hier noch etwas über dieselben hinzuzufügen. Ihre Hauptmasse ist Tuff, welcher in Bänken vorkömmt, und die ihm untergeordneten Lavaschichten tragen ganz den Charakter der Feldspath- und Porphyrlaven von Saline oder dem älteren Theile von Lipari. Wir sahen deren in Hrn. Gussone's Sammlung sechs Abänderungen, von eben so vielen verschiedenen Localitäten genommen, stets mit dunkelgrauer oder braungrauer, dichter oder feinkörniger Grundmasse und mit viel ausgeschiedenen kleinen Körnern von glasigem Feldspath, Augit und zuweilen selbst auch deutlicher Hornblende. Die letztere enthielt insbesonders, in Gemeinschaft mit tombackbraunen Glimmerblättchen, die Lava vom Capo Graziano, und sie wird

Digitized by Google

dadurch sehr den beschriebenen Gesteinen von Panaria ähnlich. Einige andere dieser Laven sind sehr ausgezeichnet durch eine auffallende Neigung zu Prismen-Zertheilung, welche selbst noch in kleinen Bruchstücken erkennbar ist, und sie finden sich unter andern bei der Punta de' Giganti und am sogenannten Scaricello, oder dem Landungsplatze der Insel zwischen Capo Graziano und dem Hauptberge an der Nordseite.

Zwischen den Felsen von Capo Graziano sieht man gegenwärtig noch eine Spalte, welcher mit Schwefel beladene Dämpfe entweichen, die die angränzenden Laven zersetzt haben. Von den Spuren einer neueren Eruption aber hat Felicudi nichts aufzuweisen, eben so wenig wie die zunächst folgende Insel.

Alicudi ist noch einfacher und unbedeutender als Felicudi, ein Kegelberg, dessen Gipfel noch die Spuren eines erkennbaren Craters trägt. Seine Meereshöhe beträgt, nach den Messungen von Hrn. Gussone, bei der Punta dell' Alice 1497 Pariser Fufs, und die Höhe von der Kirche der dort befindlichen Ansiedlung nach demselben Beobachter 1256 Fufs. Seine Tuffmasse scheint verhältnifsmäfsig bedeutend geringer, im Vergleich mit den Laven, und daher auch die ganz unzugängliche Beschaffenheit seiner furchtbar zerrissenen Felsenküste. Wir betrachteten bei Herrn Gussone vier Abarten dieser feldspathreichen Porphyrlaven, welche eben so sehr als die von Felicudi den gleichnamigen von Saline oder von Lipari ähnlich waren. Nur eine derselben unterschied sich merklich, da sie graubraun, sehr hart, reich an Feldspathlamellen und Augitkörnern in grofsen, dünnschiefrigen Tafeln bricht, welche vollkommen an *Klingstein* erinnern. Sie findet sich an der Küste zwischen der Sciarra di Paino und der Punta di Malpasso. Doch auch auf Saline kennt man vollkommen ihre gleichartige Lava von der Nordwestseite des Monte Valle di spina, und man bedient sich ihrer Tafeln dort sehr häufig zu Deckeln der

grofsen Oelkrüge oder der kesselähnlichen Gefäfse (*pignate*), in welchen die zur Erzeugung der Rosinen bestimmte Lauge bereitet wird.

Von dem weit entfernten und wohl kaum noch hieher gehörigen *Ustica* ward uns gleichfalls aus derselben Quelle eine sehr dankenswerthe Nachricht zu Theil, und es scheint mir nicht überflüssig, das Wesentlichste derselben hier noch kurz hinzufügen zu dürfen, da wir kaum mehr von ihr wissen, als was Dolomieu über dieselbe gesagt hat, nämlich, dafs auch sie ganz vulcanischen Ursprungs sey.

Schon die Form dieser Insel, welche wir häufig von der Nordküste Siciliens, und zuletzt noch im Vorbeifahren sehr nahe gesehen haben, unterscheidet sich sehr wesentlich von der aller bisher beschriebenen Eilande. Denn anstatt eines ringsum steil abfallenden Kegelberges bildet sie einen sanft aufsteigenden, langgezogenen Rücken, und in NO. hängt sich an sie noch ein kleiner, breiter und niedriger Berg. (Siehe die Skizze Taf. I Fig. 5.) Der höchste Punkt dieses Rückens, ziemlich genau in der Mitte der Insel, welcher la Guardia del mezzo genannt wird, liegt, nach Hrn. Gussone's Messungen, 964 Par. Fufs über der Meeresfläche; der angehängte Berg aber, welcher das Castello di Falconara trägt, erhebt sich nur zu 583 Fufs. In der Fläche zwischen beiden liegt die Stadt in sehr wohl angebauter Umgebung.

Nach den eben erwähnten Nachweisungen besteht die Hauptmasse der Insel aus den innig verwachsenen Rändern zweier sehr grofsen und halb eingestürzten Cratern, deren Inneres den Küstensaum längs der Ost- und der Westküste bildet. Ihre noch stehen gebliebenen Einfassungen haben die Form zweier sanft aufsteigender, flacher Rücken, deren Basis, wo sie zusammentrifft, eine weit ausgedehnte und reich angebaute Thalebene bildet.

Auf dem westlichen von den beiden steht die Guardia di mezzo, und der östliche führt den Namen dell'

Digitized by Google

Arso. Der Hügel von der Falconara endlich ist ebenfalls der Theil eines an der Nordseite ganz eingestürzten Craterrandes, ein alter, halbzerstörter Eruptionskegel. Doch aufser diesen drei Hauptcrateren kennt man hier noch die Bildung zweier untergeordneten Parasitenkegel, den einen an dem Südende von dem Rücken, welcher die Guardia di mezzo trägt und Guardia del Turco genannt wird, in 912 Fufs Meereshöhe, und den anderen, in dem Thale zwischen den beiden Hauptrücken, einen wohl erhaltenen kleinen Craterhügel mit dem Namen Collina dell' Ogliastello.

Die Tuffmassen und die Laven, welche die oben erwähnten Craterränder zusammensetzen, sind vorwaltend von der oft beschriebenen gewöhnlichen Beschaffenheit. Ein brauner, lockerer Tuff und dichte Porphyrlaven, voll Feldspath und Augit, und selbst zuweilen mit deutlichen kleinen Olivinpünktchen, die wir bisher nicht in den alten Laven bemerkt hatten. Doch zeigen sich auch noch andere bemerkenswerthe Ausnahmen. Zunächst in dem Tuff, welcher nahe bei der Stadt, bei der Marina di Sta Maria, unter Lava ausragt, finden sich deutlich einige Reste von Seemuscheln. Wir unterschieden darunter einen sehr wohl erhaltenen Pectunculus, doch mit ihm auch noch wohl kenntliche Landschnecken von der Gattung Helix. Ferner finden sich hier auf der Insel auch sehr ausgezeichnete Bimssteine, welche die Lava von dem Craterrande des Guardia di mezzo bedecken, und gleich denen von Lipari häufig gegraben werden. Sie sind dunkelgrau und grofsblasig, und gleichen sehr denen von Ischia, ob aber Glaslaven und Obsidianstücke mit ihnen vorkommen, konnten wir nicht in Erfahrung bringen.

In der Umgegend des kleinen Hügels an der Guardia del Turco findet man ferner eine grofse Masse von noch ganz unzersetztem, schwarzem Sande, und mit ihm die lockeren Schlacken einer zelligen und augitreichen Lava mit einzeln eingestreuten Feldspathkörnern, sehr

Digitized by Google

ähnlich den neuen Laven des Aetna. Sehr wahrscheinlich ist diefs Product das des letzten unter den Ausbrüchen, welche diese, gleichfalls schon in vorhistorischen Zeiten erloschene Vulcaninsel gehabt hat.

Doch es giebt hier noch eine andere von Hrn. Gussone meines Wissens zuerst beobachtete Erscheinung, welche dem Gebirgsforscher an dieser sonst so unbedeutenden Insel interessant ist. Man findet nämlich an sehr vielen Stellen längs der Küste eine augenscheinlich sehr neu entstandene Kalksteinbildung, welche bei Torre di Sta. Maria, unweit der Stadt bis zu nahe an 320 Fufs Meereshöhe aufsteigt. Dieser Kalkstein besteht meist in Schaalen einer fast immer lockeren Breccie von vulcanischen Geschieben, welche durch Kalkmasse verkittet werden, zuweilen aber auch bildet er ein gleichförmiges, sehr festes und hartes Gestein, wie so häufig der Tertiärkalk Siciliens bei Messina und in der Umgegend von Melazzo. Ueberall liegt diese Bildung der Lava auf, oder sie füllt in ihr gangartige Spalten aus, deren eine bei der Windmühle, nahe der Stadt, etwa von 2 Palmen Breite und reichlich 5 Minuten Länge, auftritt. Das Merkwürdigste aber unstreitig ist, dafs in dieser Kalkmasse sehr häufig die Reste von noch wohl erhaltenen Seemuscheln vorkommen. Diejenigen derselben, welche wir sahen, gehörten nur zu den noch im nahen Meere lebenden Arten, wie z. B. einige Trochi, dem Tr. miliaris und crenulatus von Brocchi höchst ähnlich, das sehr kenntliche Cerithium lima, ferner die häufige Lima squamosa, Reste von Mytilus, Pectunculus u. drgl. In der Ebene zwischen obengenannten beiden Hauptrücken finden sich gleichfalls, in etwa 100 F. Erhebung über dem Meere, bei den Pfützen, welche Gorghi dell' Ogliastello genannt werden, Ueberreste derselben Bildung in den Schaalen eines Kalksteins, welcher besonders reich an Serpulen ist, und es läfst sich demnach also mit Sicherheit behaupten, dafs ein grofser Theil von der Oberfläche dieser Insel erst in sehr neuen

Zei-

Zeiten, und nachdem bereits ihre vulcanischen Erzeugnisse vollendet waren, aus dem Meeresgrunde emporgehoben wurde. Wir erinnern uns dabei unwillkührlich der zahlreichen analogen Erscheinungen, welche so sehr viele der Inseln aus der Südsee und der Gruppe der Mollucken und Antillen zeigen.

Doch ich ende mit der Erwähnung dieser merkwürdigen Thatsache die Nachrichten über diese viel besprochenen Eilande.

Sie erlauben mir nun wohl endlich noch einige Worte über den muthmafslichen inneren Zusammenhang und die Anordnung von den Gliedern dieser Inselgruppe hier hinzufügen zu dürfen.

Aus der vorliegenden Beschreibung geht hervor, was unstreitig auch bisher wohl Niemand bezweifelt hat, dafs diese Inseln keineswegs wie die abhängigen und untergeordneten Glieder eines *Central-Vulcans* auftreten. Denn ihr ansehnlichster permanenter Vulcan, Stromboli, ist zu unbedeutend, und zeigt durchaus keine so erweisbaren Verhältnisse der Wechselwirkung und Abhängigkeit von den Vorgängen in den anderen Theilen dieses kleinen Archipelagus, dafs wir irgend daran denken könnten, diesen unbedeutenden Eruptionskegel auf einen so einflufsreichen Standpunkt zu erheben. Ganz dasselbe gilt auch sehr wahrscheinlich von dem eben so wenig bedeutungsvollen Vulcano. Es bleibt uns daher nur übrig, diese Inseln, wie Sie uns zuerst gelehrt haben, als *Reihen-Vulcane* zu betrachten; doch es lehrt uns ein Blick auf die Charte, dafs auch in dieser Beziehung keine Einfachheit ihrer Vertheilung könne nachgewiesen werden. Denn sie bilden weder eine einfache Kette, noch erheben sie sich in mehrfachen Parallel-Reihen, welche der Richtung einer Hauptspalte folgen. Wir würden daher sicher in Verlegenheit über die Art ihrer naturgemäfsen Deutung

Digitized by Google

kommen, zeigte uns nicht eine genauere Untersuchung, dafs wirklich eine erweisbare, und bei erstem Anblick vielleicht kaum geahnte Verbindung stattfinde.

Unstreitig ist es wohl von Wichtigkeit, beim Beginnen dieser Darstellung auf den sehr wesentlichen Unterschied in der Bildungsweise dieser Inselländer zurückzukommen, welches aus der vorangegangenen Beschreibung hervorgeht. Denn Stromboli, Volcano, Lipari, Saline, Felicudi und Alicudi sind sehr deutliche und zum grofsen Theile äufserst einfache Eruptions-Inseln, welche durch Aufschüttung ihrer ausgebrochenen Masse und durch späteres Verwachsen einer mehr oder minder bedeutenden Anzahl von Eruptions-Kegeln ihre gegenwärtige Ausbildung erlangt haben. Panaria aber, Basiluzzo und die umgebenden Felsmassen sind entschieden auf eine ganz andere Weise gebildet. Ihre gleichförmige und sehr deutlich, niemals in Strömen abgesonderte Trachytmasse ihre ringsum schroff aufsteigende Beschaffenheit, und die auffallende Verschiedenheit ihrer Gestalt von der Ringform oder den Kegelbergen der andern Inseln nöthigen uns gleich sehr, ihren Ursprung als von dem aller der Nachbarinseln verschiedenartig, ja als wesentlich von ihm abweichend zu betrachten.

Solche ansehnliche und ganz massive Felsblöcke solche steil und scharf abgerissenen Formen, welche nichts destoweniger doch von wirklich einmal geschmolzenen oder im Innern ganz aufgelockerten, erhitzten Bestandtheilen gebildet werden, führen uns leicht ganz natürlich zu der Vorstellung, dafs einst hier ein grofser Theil von dem Meeresgrunde gesprengt und in abgerissenen Stücken erhoben wurde, um das Auftreten einer Gruppe scharf abgeschnittener Inselfelsen zu veranlassen. Wir möchten ferner wohl zugleich sehr geneigt seyn diesen Vorgang in einer verhältnifsmäfsig sehr alten Periode zu suchen. Denn die ringsum überall auftretende Ausbrüche mufsten damals noch hier den Meeresgrun

nicht verändert oder mit Spuren ihrer Erzeugnisse bedeckt haben. Keine Tuffschicht und noch weniger irgend ein Lavastrom war gebildet, als die Oberfläche der Erdrinde hier aufbrach, und doch waren höchst wahrscheinlich die emporgehobenen Felsmassen schon fest und verhärtet, als sie der Oberfläche des Meeres entstiegen. Ihre Gesteine sind den sicher hier sehr nahe liegenden Graniten, oder der Gneismasse, welche die Küstenländer des benachbarten Siciliens und Calabriens entblöſsen, in so auffallender Weise ähnlich, und so vollkommen aus denselben Bestandtheilen gebildet, daſs wir ferner nicht umhin können, auch von dieser Seite die Felsmassen von Basiluzzo, Banaria u. s. w. als die ältesten jener Bildungen anzusehen, welche durch den Einfluſs vulcanischer Vorgänge in dem Gebiete dieser Inselländer erzeugt wurden. Ganz ähnlich hatten wir auch einst, als die Grundlage des Aetna in dem Innersten seiner oft genannten alten Caldera, groſse, weit von einander getrennte Felsmassen von gleichförmiger Trachytbildung angetroffen, welche wahrscheinlich den ältesten Theil von der Masse dieses wichtigen Centralvulcans bilden. Mit sehr ansehnlicher Höhe, steilen Abstürzen und mit breit ausgedehnter Basis fest wurzelnd in dem Inneren seines tief aufgeschlossenen Bergkörpers, dann bedeckt und vereinigt von den später über sie ausgebreiteten Lavaströmen, Tuff- und Conglomerat-Massen, war es sehr leicht, hier im Monte Calanna, Giannicola u. s. w. die hervorragenden Theile von den Grundpfeilern dieses riesengroſsen Bauwerks zu erkennen, und die Aehnlichkeit ihrer zusammensetzenden Gebirgsarten mit den Trappgesteinen, Syeniten u. s. w. zog schon damals eben so sehr unsere Aufmerksamkeit auf sich, als der Anblick der Granit-, Gneis- und Porphyr-ähnlichen Gesteine, welche die Felsengruppe der Umgegend von Panaria bilden. Nichts kann auffallender, nichts wohl merkwürdiger und befriedigender seyn, als die Auffindung solcher anstehen-

den und ausgedehnten Felsmassen in dem Inneren eines uns aufgeschlossenen Vulcankegels, und die Anwendung dieser am Aetna gefundenen Verhältnisse auf den augenscheinlich am ältesten gebildeten Theil von der Inselgruppe von Lipari zeigt uns sehr sicher den Weg an, den wir bei Deutung des Zusammenhanges ihrer Glieder mit Erfolg jetzt zu betreten hoffen dürfen.

Panaria also, Basiluzzo und das Gebiet ihrer umgebenden Inselfelsen sind die Reste von den Grundpfeilern eines in diesem Theile des Meeres von Sicilien eins sich festsetzenden Centralvulcans. Hier war es, wo de Meeresboden gesprengt und erhoben wurde, um die Oef nung eines bleibenden Eruptionsweges zu erzeugen, de sen Umfang und Gröfse die Entstehung eines dem Aet ähnlichen Feuerberges zu versprechen schienen. Do die frei gewordenen Kräfte, welche den Umkreis ein Erhebungsinsel erzeugt haben, deren Gröfse reichlich d Umfange von Lipari gleich kommt, die nun frei gew denen Dampfmassen und Gasarten vermochten nicht z schen den aufgetriebenen Felseninseln nun die Ausb che der im Inneren liegenden geschmolzenen Gesteinma hervortreten zu lassen. Keine Lavaströme, keine A würfe verbanden diese vereinzelnt stehenden Bruchstü welche die Zeugen einer hier stattgefundenen Explo waren, des ersten und gewifs würdigen Actes der T tigkeit, welche die umliegende Inselgruppe gebildet h

Die Ausbrüche der Feueresse, welche den Me boden hier aufsprengte, sind sogleich von dem M punkte der Zerreifsung nach dem Umfange hin ausg chen und aus einander getrieben worden, und so stets der Bildung einer Eruptionsspalte an den Abhä des Aetna ein Aufsteigen der Lavasäule in dem In des Craterschlottes vorausgeht, so hat auch der I in dem niemals vollendeten Centralcrater dieser I die Oberfläche des Meeresgrundes durch mehrfache ptionsspalten zerrissen, welche mehr oder minder da

Digitized by Google

den unterirdischen Dämpfen und der Lavamasse den Abflufs gestatteten. Diese Kraft mufs excentrisch und strahlenförmig aus sehr grofser Tiefe gewirkt haben; doch der Ofenschacht, welchen sie bilden wollte, zersprang an seinen Seitenwänden, um der Hauptöffnung die Nahrung zu entreifsen, und den Dämpfen öffneten sich bleibend gewordene Abzugskanäle, da wo sonst nur zuweilen Parasitenkegel eines Nebenausbruchs hätten entstehen können. Der Centralkegel ist hier geboren worden, aber völlig unentwickelt geblieben, und die Seitenspalten des Hauptvulcans haben die Thätigkeit ihres Mittelpunktes zu sich hinübergezogen. So, glaube ich, kann man sehr leicht veranlafst werden, sich die Bildung dieser merkwürdigen Inselgruppe, nach der Betrachtung ihrer geognostischen Eigenthümlichkeiten, mit einem Scheine der Befriedigung wenigstens erklären zu wollen, und fürwahr schon die bereits oben von mir erwähnte eigenthümliche Lage des gegenwärtigen Aetnakegels bietet dazu einen, wenn gleich unvollkommenen Stützpunkt.

Noch zu neu, und zu unvollständig unterrichtet in der Kenntnifs von gleichnamigen Erscheinungen, welche andere von Vulcanen durchbohrte Gebietstheile an der Erdoberfläche nachweisen, mufs ich wohl gegenwärtig ganz Ihrem, durch so zahlreiche Erfahrungen gereiften Urtheile überlassen, in wie weit Sie die hier vorgetragene Ansicht einer erfolgreichen Berücksichtigung werth finden möchten. Doch darf ich endlich wohl noch nicht unterlassen Ihre Aufmerksamkeit auf ein gewifs immer bemerkenswerthes Verhältnifs hinzuleiten, dessen Beobachtung bei der Beurtheilung meiner Vorstellungen nicht ganz aufserwesentlich seyn möchte. Unter den Reihen nämlich, welche die Natur selbst in der Anordnung von den Gliedern dieser Inselgruppe bezeichnet hat, sind zwei, wenigstens, wie es mir scheint, mit vollkommen gleicher Deutlichkeit ausgesprochen. Die erste, und sogleich in die Augen fallende derselben, geht wahrscheinlich durch

Digitized by Google

die vollkommen in einer Linie liegenden Inseln Saline, Felicudi und Alicudi. Ihre Richtung ist sehr nahe von WSW. nach ONO., und ostwärts wenig verlängert, fällt sie gerade in die oft besprochene Felsengruppe von Panaria, Basiluzzo u. s. w. Ganz dasselbe geschieht aber auch sehr deutlich mit der Linie, welche Lipari und Vulcano verbindet, und dafs diese keine zufällige, ja sicher eine durch vorangehende Eruptionsspalten bedingte sey, beweisen uns ganz unleugbare Erscheinungen. Zunächst ist es sehr auffallend, dafs die drei Haupteruptionsmassen von Lipari, die des Monte Campo bianco, Monte S. Angelo und Monte Guardia sich sehr deutlich gegen einander in der wenig gekrümmten Richtung des Meridians, oder genauer von NNO. nach SSW. befinden, und verlängern wir diese Richtung nun südwärts, so schneiden wir mit ihr nicht allein den grofsen Eruptionskegel von Vulcano, sondern auch eben so noch das zwischen Lipari und Vulcano gelegene Vulcanello. Doch wir können selbst diese Linie unbedenklich noch um sehr viel weiter fortsetzen. Denn an der Küste von Sicilien trafen wir mit nicht geringer Verwunderung im Granite, welcher die steil aufsteigenden Felsen von Cap Calava bildet (bei dem Dörfchen S. Giorgio), eine ausgezeichnete und sehr schwefelreiche Fumarole, welche einen grofsen Theil seiner Masse zersetzt und in schwefelhaltigen Alaunstein verändert hat. Im Angesichte aber von der vielleicht schwefelreichsten Insel Europas, welche in gerader Richtung von hier kaum drei geographische Meilen entfernt liegt, kann der Ursprung dieser Erscheinung kaum noch zweifelhaft bleiben. So sehr ich daher gewifs auch geneigt bin, alle unsicheren und verwirrenden Schlufsfolgen zu meiden, welche aus einer zu weit getriebenen Sucht nach der Auffindung von Verbindungslinien der Vulcane und der mit ihnen zusammengehörigen Erscheinungen entspringen können, so entschieden, glaube ich doch, läfst sich unter den vorliegenden Umständen

Digitized by Google

das Daseyn zweier grofsen Eruptionsspalten annehmen, deren eine die drei erst genannten Inseln, und die andere die so wohl an einander gereihten Eruptionskegel von Lipari und Vulcano verbindet. Und gewifs ist es nicht zufällig, dafs die Richtung dieser Spalten sich so nahe, als es bei Erscheinungen dieser Art nur verlangt werden kann, in dem Umkreise der Felseninseln von Panaria begegnet, deren Hervortreten höchst wahrscheinlich ihren ursprünglichen Ausgangspunkt und die Ursachen ihrer Entstehung bildet. Vereinzelnt endlich, und, wie es scheint, in sich abgeschlossen, liegt Stromboli an dem nordöstlichen Ende der zweizinkigen Gabel, welche die Glieder dieser Inselreihen bilden; keine zwischenliegende oder weiter noch hinaus zu verfolgende Erscheinung bestätigt seinen Verbindungsweg mit dem unentwickelten Centralcrater. Doch darf uns diefs wohl keineswegs befremdend scheinen; denn sehr wahrscheinlich hat gerade die ununterbrochene Thätigkeit dieses nie verstopften Vulcans es verhindert, dafs die Spalte, welche ihn aufwarf, sich weiter ausdehnte, und zugleich noch an anderen Punkten neue Ausführungswege öffnete. Doch der Stofs, welcher, wie wir gesehen haben, den alten Crater dieser Insel so einflufsreich für die Verhältnisse seiner nachfolgenden Ausbildung spaltete, hatte sehr deutlich die wohlbezeichnete Richtung von SW. nach NO., und die Fortsetzung dieser Richtung trifft wiederum sehr deutlich den gemeinsamen Centralpunkt. Sey diefs wesentlich oder zufällig, jedenfalls wenigstens verdiente es wohl noch hier angeführt zu werden, und ich schliefse daher diese vielleicht schon zu lang gedehnte Erörterung mit dem Bemerken, dafs die Inselgruppe von Lipari nach den vorgelegten Verhältnissen ein sehr merkwürdiges Zwischenglied zwischen den zwei Haupterscheinungsweisen der Vulcane (Central- und Reihen-Vulcane) bildet, deren wesentliche Verschiedenheiten Sie zuerst uns so einflufsreich und umfassend erkennen gelehrt haben. Mögen Sie

wohlwollend und nachsichtig diese so gern Ihnen gewidmeten Zeilen aufnehmen, und mir wenigstens nicht das Zeugniſs versagen, daſs ihr Inhalt ein Versuch sey, Sie stets mehr von der Wahrheit des Gefühls inniger Hochachtung und dankbarer Ergebenheit zu überzeugen, welches das schönste Bewuſstseyn meines der Wissenschaft und der Anerkennung Ihrer zahlreichen Verdienste so ganz ergebenen Sinnes bildet.

Neapel, 29. April 1832.

Friedrich Hoffmann.

Digitized by Google

II. *Theorie der elliptischen Polarisation des Lichtes, welche durch Reflexion von Metallflächen erzeugt wird;*
von F. E. Neumann in Königsberg.

§. 1.

Die wichtige Abhandlung: *Ueber die Erscheinungen und Gesetze der elliptischen Polarisation* u. s. w. (Poggendorff's Annalen, Bd. XXI Heft 2) schliefst Brewster mit den Worten:

»Die von Fresnel gegebene Theorie der elliptischen Vibrationen umfafst ohne Zweifel auch die Erscheinungen der elliptischen Polarisation, und sobald die Wirkung der Metalle gründlicher untersucht seyn wird, dürfen wir erwarten, die hier betrachteten Erscheinungen auf ihre wahre Ursache zurückführen zu können.«

Die von Brewster entdeckten und so gründlich, wie es ihm eigen ist, beobachteten Phänomene jetzt schon auf ihre wahre Ursache zurückzuführen, ist die Absicht des Folgenden, in der Meinung, dafs dadurch zugleich der weiteren experimentellen Untersuchung der Weg gebahnt werde.

Alle von Brewster beobachteten Erscheinungen des von Metallflächen reflectirten Lichtes lassen sich aus folgenden zwei Grundsätzen erklären:

1) *Die Intensität eines von der Metallfläche reflectirten polarisirten Lichtstrahls ist bei demselben Einfallswinkel verschieden, je nachdem seine Polarisationsebene in der Reflexionsebene lag, oder senkrecht gegen diese stand.* In dieser Hinsicht verhalten sich die Metallflächen wie die Oberflächen durchsichtiger Körper bei der partiellen Reflexion — und nicht wie diejenigen Flächen, an welchen totale Reflexion stattfindet. Bei der

partiellen Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Körper wird das *Verhältnifs* der reflectirten Lichtintensitäten eines senkrecht und eines parallel mit der Reflexionsebene polarisirten Strahls $=0$, für einen bestimmten Einfallswinkel, nämlich denjenigen, welcher der Polarisationswinkel heifst, und nimmt von hier auf beiden Seiten zu, bis es sowohl bei der Incidenz 0° als 90° gleich eins wird. Bei der totalen Reflexion ist diefs Verhältnifs, welches auch die Incidenz sey, immer $=1$; bei der Reflexion von Metallflächen ist diefs Verhältnifs, wie bei der partiellen Reflexion, eine Function der Incidenz, und zwar wird diese Function ein Minimum für die Incidenz unter dem Polarisationswinkel, ohne aber $=0$ zu werden, und nimmt von dieser Incidenz auf beiden Seiten zu, so dafs sowohl für die Incidenz 0°, als die von 90° dasselbe gleich eins wird.

2) *Zwei von einer Metallfläche reflectirte Strahlen, wovon der eine parallel, der andere senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirt ist, verhalten sich so, dafs der eine, nämlich derjenige, welcher parallel der Reflexionsebene polarisirt ist, dem anderen um einen Bruchtheil einer Undulationslänge voraus ist.* In Beziehung auf diese *Verzögerung* des senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirten Strahls gegen den parallel polarisirten verhält sich die Reflexion von Metallflächen ganz wie die totale Reflexion; beide unterscheiden sich darin aber, dafs bei der totalen Reflexion ein Maximum der Verzögerung stattfindet, die bei der totalen Reflexion im Innern des Glases ungefähr eine Achtel-Undulationslänge beträgt, und dafs die Verzögerung von hier nach den beiden Gränzen der totalen Reflexion abnimmt bis 0; während bei der Reflexion von Metallflächen die Verzögerung bei der Incidenz 90° anfängt, fortwährend zunimmt, bis sie bei der Incidenz 0° gleich einer halben Undulationslänge geworden ist; eine Viertel-Undulationslänge beträgt die Ver-

zögerung immer bei der Incidenz unter dem Polarisationswinkel.

Um die Beobachtungen numerisch aus diesen Grundsätzen abzuleiten, muſs man die beiden Functionen der Incidenz kennen, welche die *Verzögerung* und das *Verhältniſs der Schwächung* der beiden, senkrecht und parallel mit der Polarisationsebene polarisirten Strahlen darstellen; um zuvörderst einzelne Werthe dieser Functionen mittelst der Beobachtungen zu erhalten, ist es nöthig einige allgemeine Folgerungen aus diesen Grundsätzen zu ziehen.

Es werde ein unter $+45^\circ$ polarisirter Strahl, d. h. einer, dessen Polarisationsebene 45° mit der Reflexionsebene bildet, von einer Metallfläche reflectirt; seine Intensität werde bezeichnet mit 2. Diesen Strahl kann man zerlegen in zwei Strahlen gleicher Intensität $=1$, von denen der eine polarisirt ist parallel mit der Reflexionsebene, der andere senkrecht gegen dieselbe; die reflectirte Intensität des ersten sey s^2 und die des zweiten sey p^2; dieser, der senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirt ist, erleide eine räumliche Verzögerung $=\delta$, so daſs, wenn λ die Undulationslänge bedeutet, $\frac{\delta}{\lambda}$ die Verzögerung in der Zeit ist, welche er erleidet, wenn die Undulationsdauer als Zeiteinheit genommen wird. — Die Richtungen, in welchen die Theilchen vibriren, sind senkrecht auf den Polarisationsebenen; die Entfernung eines Theilchen von seiner Gleichgewichtslage in der Richtung senkrecht auf der Polarisationsebene des Strahls p^2 heiſse x, und in der Richtung senkrecht auf der Polarisationsebene des Strahles s^2 heiſse y, wo also x parallel mit der Reflexionsebene und y parallel mit der reflectirenden Fläche ist; man hat alsdann:

$$\left.\begin{aligned} x &= ap \,.\, cos\left(\frac{t}{T}-\frac{\delta}{\lambda}\right)2\pi \\ y &= a\, s \,.\, cos\,\frac{t}{T}2\pi \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Digitized by Google

wo T die Undulationsdauer bedeutet und $a = \frac{T}{2\pi}$ ist; p und s heifsen die absoluten Geschwindigkeiten der beiden Strahlen. Die Elimination von t giebt die Gleichung der Bahn, welche das Theilchen durchläuft:

$$\left(\frac{x}{p}\right)^2 + \left(\frac{y}{s}\right)^2 - 2\frac{xy}{ps} \cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi = a^2 \sin^2\frac{\delta}{\lambda}2\pi \quad . \quad . \quad (2)$$

Diese Base ist eine Ellipse; ihre Axen bilden mit der Reflexionsebene die Winkel α, deren Werth gegeben ist durch:

$$tang\, 2\alpha = \frac{2\frac{p}{s}}{1 - \left(\frac{p}{s}\right)^2} \cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi$$

oder, wenn $\frac{p}{s} = tang\, \beta$ gesetzt wird:

$$tang\, 2\alpha = tang\, 2\beta \cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Axen selbst sind bestimmt durch:

$$\varrho^2 = \frac{2p^2 s^2 a^2 \sin^2\frac{\delta}{\lambda}2\pi}{s^2 + p^2 \mp (s^2 - p^2)\sqrt{1 + tang^2 2\beta \cos^2\frac{\delta}{\lambda}2\pi}}. \quad (4)$$

Diese Base verwandelt sich in eine gerade Linie, wenn $\sin\frac{\lambda}{\delta}2\pi = 0$; alsdann ist $\frac{\delta}{\lambda}2\pi = n\pi$, oder $\delta = \frac{n}{2}\lambda$, wo n irgend eine ganze Zahl bedeutet; je nachdem n eine ungerade oder gerade Zahl bedeutet, ist die geradlinige Base:

$$\frac{x}{p} \pm \frac{y}{s} = 0.$$

Die Axen der Ellipse werden für diesen Fall:

$$\varrho^2 = 0, \quad \varrho^2 = (s^2 + p^2)a^2,$$

und der Winkel, den die gerade Linie bildet mit der Reflexionsebene, ist:

$$tang\, \alpha = \mp tang\, \beta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Digitized by Google

Wenn derselbe Strahl von einer zweiten Fläche desselben Metalls unter demselben Einfallswinkel noch einmal reflectirt wird, so dafs beide Reflexionsebenen parallel sind, so erleiden die Strahlen zum zweiten Mal eine Schwächung, so dafs die Intensitäten ihrer absoluten Geschwindigkeiten jetzt p^2, s^2 sind; sie erleiden dieselbe Verzögerung δ noch einmal, so dafs der Unterschied ihrer Phasen jetzt $\frac{2\delta}{\lambda}2\pi$ beträgt. Nach einer Anzahl ν Reflexionen von demselben Metall unter derselben Incidenz, bei parallelen Reflexionsebenen wird die Intensität der absoluten Geschwindigkeit und die Verzögerung respective seyn:

$$p^\nu, \quad s^\nu, \quad \nu\delta.$$

Die Base, welche ein Aetherteilchen jetzt durchläuft, erhält man, wenn man in (2) diese Werthe setzt statt p, s, δ:

$$\left(\frac{x}{p^\nu}\right)^2+\left(\frac{y}{s^\nu}\right)^2-\frac{2xy}{p^\nu s^\nu}\cos\frac{\nu\delta}{\lambda}2\pi=a^2\sin^2\frac{\nu\delta}{\lambda}2\pi \quad . . (6)$$

Aus (4) und (5) erhält man die Neigungen und Gröfsen der beiden Axen dieser Ellipse gegen die Reflexionsebene durch dieselbe Substitution.

Diese Ellipse verwandelt sich wieder in eine gerade Linie, wenn:

$$\sin\frac{\nu d}{\lambda}2\pi=0, \quad \cos\frac{\nu d}{\lambda}2\pi=\mp 1 \quad . \quad . \quad (7)$$

Die Neigung dieser geraden Linie gegen die Reflexionsebene ist:

$$\tang\alpha=\mp\left(\frac{p}{s}\right)^\nu \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Nun hat Brewster entdeckt, dafs wenn der Einfallswinkel der Polarisationswinkel war, — also derjenige, unter welchen die Metalle das directe Licht am stärksten polarisirten, — zwei Reflexionen hinlänglich sind, um eine geradlinigte Polarisation, welche nach der ersten Reflexion verschwunden war, wieder hervorzubrin-

Digitized by Google

gen, und dafs deren Polarisationsebene im negativen Azimuth liegen, wenn das Azimuth der ursprünglichen Polarisation positiv gerechnet wird. Hieraus folgt, dafs bei *dieser* Incidenz:

$$(9) \quad . \quad . \quad . \quad \sin\frac{2\delta}{\lambda}2\pi=0, \quad \cos\frac{2\delta}{\lambda}2\pi=-1,$$

dafs also:

$$\delta=(2\mu+1)\frac{\lambda}{4},$$

oder, dafs die Verzögerung eine ungerade Anzahl von Viertel-Undulationslängen betragen mufs. Aus der Untersuchung der Beobachtungen, welche über die Combination einer reflectirenden Metallfläche und einem refrangirenden Krystallblättchen gemacht sind, wird sich weiter unten ergeben, dafs μ in dem Werthe von δ eine gerade Zahl seyn mufs, so dafs die Verzögerung also ein Viertel über eine ganze Anzahl voller Undulationslängen nur betragen kann. Die ganze Anzahl von Undulationslängen kann hier, wie in ähnlichen Fällen, wenn sie wirklich vorhanden ist, unberücksichtigt bleiben, so dafs also die Verzögerung unter der Incidenz des Polarisationswinkels bei allen Metallen als ein Viertel einer Undulationslänge betragend angesehen werden kann.

Das Azimuth der neuen Polarisationsebene ist gegeben durch:

$$\operatorname{tang}\alpha=-\left(\frac{p}{s}\right)^2.$$

Die Quadratwurzel aus der Tangente des Azimuths der wieder hergestellten geradlinigen Polarisation giebt also das Verhältnifs der Schwächung der absoluten Geschwindigkeiten, welche durch Reflexion unter dem Polarisationswinkel ein senkrecht und ein parallel gegen die Reflexionsebene polarisirter Lichtstrahl erleidet.

Aus den (Poggendorff's Annal. Bd. XXI S. 229) von Brewster angegebenen Werthen von α ergiebt sich demnach folgende Tafel:

Digitized by Google

I.

	α.	$\frac{p}{s}$	β.
Silber	39° 48′	0,91	42° 23′
Kupfer	29	0,74	36 40
Quecksilber . .	26	0,70	34 56
Platin	22	0,64	32 27
Spiegelmetall	21	0,62	31 44
Stahl	17	0,55	28 56
Blei	11	0,44	23 48
Bleiglanz . . .	2	0,18	10 35

Die mit β überschriebene Spalte enthält die Winkel β, welche durch $tang\,\beta = \frac{p}{s} = \sqrt{tang\,\alpha}$ bestimmt sind. Die Werthe von $\frac{p}{s}$ scheinen von keinem allgemeinen Gesetz abhängig, vielmehr ein specifischer Charakter der einzelnen Metalle zu seyn; sie scheinen, wie Brewster bemerkt, mit der Durchsichtigkeit der Metalle parallel zu gehen, so dafs das Silber das undurchsichtigste, und Blei und Bleiglanz das durchsichtigste vorstehender Metallreihe ist. Bei allen anderen Incidenzen, als die unter dem Polarisationswinkel, ist eine gröfsere Anzahl von Reflexionen als zwei erforderlich, um die geradlinige Polarisation wieder herzustellen, und zwar wächst diese Anzahl nach beiden Seiten, vom Polarisationswinkel nach der Incidenz 90°, und vom Polarisationswinkel nach der Incidenz 0° zu; die wieder hergestellte geradlinige Polarisation durch *dieselbe* Anzahl von Reflexionen verhält sich aber auf der einen Seite des Polarisationswinkels charakteristisch anders als auf der anderen Seite, in Hinsicht des Azimuths der neuen Polarisationsebene. Es sey I der Incidenzwinkel zwischen dem Polarisationswinkel und 90°, bei welchem nach n Reflexionen die geradlinige Polarisation wieder hergestellt wird; der Incidenz I entspricht eine

Digitized by Google

Incidenz I' zwischen 0° und dem Polarisationswinkel *), bei welcher gleichfalls durch n Reflexionen die geradlinige Polarisation hergestellt wird; *in beiden Fällen ist die Neigung der wieder hergestellten Polarisationsebene gegen die Reflexionsebene dieselbe, aber bei der Incidenz I ist sie immer negativ, während sie bei der Incidenz I' negativ ist, wenn n eine gerade Zahl, positiv, wenn n eine ungerade Zahl ist.* Siehe Brewster, Tafel I und II, Poggend. Ann. Bd. XXI S. 259 bis 261, und deren Erläuterung, S. 264.

Die Verzögerung bei der Incidenz I ist nach (6), wegen des negativen Azimuth, oder weil (8) wird:

$$tang\,\alpha = -\left(\frac{p}{s}\right)^n,$$

bestimmt durch:

$$sin\frac{n\delta}{\lambda}2\pi = 0;\quad cos\frac{n\delta}{\lambda}2\pi = -1,$$

woraus $\delta = \frac{(2p+1)\lambda}{2n}$, wenn p irgend eine ganze Zahl bedeutet; da wir aber angenommen haben, dafs für $n=2$, $\delta = \frac{1}{4}\lambda$ ist, so mufs $p=0$ seyn, und also:

$$\delta = \frac{\lambda}{2n}.$$

Wegen der Abwechslung der Vorzeichen von Azimuth bei der Incidenz I', nämlich $+$, wenn n ungerade, und $-$, wenn n gerade, folgt aus (6), wenn die Verzögerung hier durch δ' bezeichnet wird, dafs:

$$\frac{n\delta'}{\lambda}2\pi = 2m\pi + (n-1)\pi,$$

wo m eine beliebige Zahl ist; da wir aber bei $n=2$ die Verzögerung $=\frac{1}{4}\lambda$ gesetzt haben, so mufs $m=0$ genommen werden, und wir erhalten bei der Incidenz I':

$$\delta' = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\frac{\lambda}{2}.$$

Die

*) Die Incidenzwinkel sind immer vom Perpendikel an gerechnet.

Digitized by Google

Die Summe der Verzögerung $\delta + \delta'$ bei den sich correspondirenden Incidenzen I und I' ist also gleich $\frac{1}{2}\lambda$, oder die beiden Verzögerungsphasen $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ und $\frac{\delta'}{\lambda}2\pi$ ergänzen sich zu 180°.

Aus der Tafel, S. 237, wo die beobachteten Incidenzen angegeben sind, unter welchen nach 2, 3, 4 ... maliger Reflexion mit parallelen Reflexionsebenen von Stahl die geradlinige Polarisation eines ursprünglich unter +45° polarisirten Strahls wieder hergestellt wird, findet man folgende, diesen Incidenzen entsprechende Verzögerungen:

Beobachtete Incidenz.	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi$	Berechnete Incidenz.	Differenz.
52° 20'	$\frac{5}{6}\pi$	51° 21'	+1° 1'
56 25	$\frac{4}{5}\pi$	55 12	+1 13
60 20	$\frac{3}{4}\pi$	60 3	+0 17
67 40	$\frac{2}{3}\pi$	66 19	+1 21
75 0	$\frac{1}{2}\pi$	75	0 0
73 0*)	$\frac{1}{3}\pi$	81	
82 20	$\frac{1}{4}\pi$	83 28	−1 8
84 0	$\frac{1}{5}\pi$	84 50	−0 50
86 0	$\frac{1}{6}\pi$	85 45	+0 15

Bei der totalen Reflexion giebt **Fresnel** für die Verzögerung δ des senkrecht polarisirten Strahls gegen den parallel mit der Reflexionsebene polarisirten Strahl (**Poggendorff's** Annalen, Bd. XXII S. 116) folgenden Ausdruck:

$$\cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi = -\frac{1-(n^2+1)\sin^2 i + 2n^2 \sin^4 i}{1-(n^2+1)\sin^2 i},$$

wo i der Einfallswinkel und n der Brechungscoëfficient, d. h. wo $n \sin i = \sin r$, wenn r den Refractionswinkel bedeutet. Dieser Ausdruck reducirt sich der *Form nach* auf:

*) Die Incidenz 73 ist offenbar ein Druckfehler.

$$\cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi=-\frac{1+tang^2 r\, tang^2 i}{1-tang^2 r\, tang^2 i},$$

oder auf:

$$cotang\,\tfrac{1}{2}\frac{\delta}{\lambda}2\pi=\sqrt{-tang^2 i\, tang^2 r}$$

wo das — unter dem $\sqrt{-}$ aufgehoben wird durch das $\sqrt{-1}$, welches in *tang r* enthalten ist.

Die eben aufgeführten Brewster'schen Beobachtungen der Verzögerungen bei Reflexionen durch Metallflächen lassen sich also durch:

$$(A)\qquad cotang\,\tfrac{1}{2}\frac{\delta}{\lambda}2\pi=\sqrt{tang^2 i\, tang^2 r}=tang\, i\, tang\, r$$

darstellen, wie in der vorhergehenden Tafel die Spalte mit der Ueberschrift: Incidenz, zeigt; denn Beobachtungen dieser Art können wohl als mit grofser Genauigkeit angestellt betrachtet werden, wenn die Differenzen 1° nicht viel übersteigen. Dafs durch (A) das Gesetz der Verzögerung wirklich dargestellt werde, und dieser Ausdruck mehr als eine Interpolationsformel sey, ist wenigstens aufserordentlich wahrscheinlich, weil es sich von demjenigen, welcher die Verzögerung in der totalen Reflexion darstellt, nur dadurch unterscheidet, dafs das durch die Betrachtungen, welche Fresnel zu diesem Ausdruck leiteten, eingeführte $\sqrt{-1}$ wieder fortgeschafft wird, dadurch, dafs statt *tang r* gesetzt wird $\sqrt{-1}\, tang\, r$. — Uebrigens läfst sich der Ausdruck (A) reduciren auf denjenigen, welchen Brewster für die verzögerte Phase aus seinen Beobachtungen abgeleitet hat, nämlich: (siehe a. a. O. S. 237, 238)

$$\frac{\delta}{\lambda}2\pi=90-2\varphi,\quad tang\,\varphi=\frac{(\cos i+r)}{(\cos i-r)},$$

und es ist wahrscheinlich, dafs Brewster sich von der Genauigkeit dieses Ausdrucks noch durch andere, nicht mitgetheilte Beobachtungen überzeugt hat.

Die folgende Tafel enthält für künftigen Gebrauch die Verzögerungen der Phasen $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ für Incidenzen von

Digitized by Google

88 bis 50 bei Stahl und Silber von 2 zu 2 Grad, nach (A) berechnet, zwischen welchen man mit hinlänglicher Sicherheit interpoliren kann.

II.

Stahl $n=3{,}732$.			Silber $n=3{,}271$.		
$i.$	$r.$	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi.$	$i.$	$r.$	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi$
50	11° 51′	151° 54′	50	13° 33′	147° 56′
52	12 11	149 6	52	13 56	144 46
54	12 32	145 58	54	14 19	141 18
56	12 50	142 40	56	14 41	137 32
58	13 8	139 2	58	15 2	133 28
60	13 25	135 6	60	15 21	129 8
62	13 41	130 48	62	15 40	124 24
64	13 56	126 4	64	15 56	119 20
66	14 10	120 54	66	16 13	113 42
68	14 23	115 12	68	16 28	107 38
70	14 35	108 52	70	16 42	101 0
72	14 46	101 54	72	16 54	99 50
74	14 55	94 12	74	17 51	86 4
76	15 4	85 36	76	17 15	77 32
78	15 12	76 4	78	17 24	68 15
80	15 18	65 36	80	17 31	58 22
82	15 23	54 8	82	17 37	47 46
84	15 27	41 39	84	17 42	36 28
86	15 31	28 16	86	17 45	24 38
88	15 32	14 20	88	17 48	12 24

Die Anwendung der Gleichung (8) auf die Beobachtungsreihen, S. 233 u. 234 a. a. O., in welchen die Azimuthe der Polarisationsebenen des wieder geradlinig polarisirten Strahls nach 2, 3, 4, 5, 6 Reflexionen bei parallelen Reflexionsebenen von Stahl und Silber angegeben sind, lehrt das Verhältniſs der Schwächung $\frac{p}{s}$ bei verschiedenen Incidenzen kennen. Wenn die in jenen Tafeln angegebene Neigung der nach n Reflexionen wieder hergestellten Polarisationsebene mit der Reflexionsebene

Digitized by Google

durch α bezeichnet wird, so ist das der Incidenz, bei welcher die Reflexionen stattfanden, entsprechende

$$\frac{p}{s}=\sqrt[n]{\tang \alpha}.$$

Diesen Beobachtungsreihen ist die wichtige Bemerkung als Resultat anderer nicht mitgetheilter Beobachtungen hinzugefügt, dafs für correspondirende Incidenzen unter und über den Polarisationswinkeln, d. h. bei solchen, bei welchen die Verzögerungsphasen sich zu 180° ergänzen, die Neigungen der wieder hergestellten Polarisationsebene sich gleich sind; es folgt nämlich hieraus: *dafs die Verhältnisse der Schwächung durch die Reflexion unter den zwei Incidenzen, bei welchen die Verzögerungsphasen sich zu* 180° *ergänzen, sich gleich sind.*

Es seyen zwei solche sich correspondirende Incidenzwinkel i und j, und ein ursprünglich unter $+45°$ polarisirter Strahl soll einmal unter i und dann unter j reflectirt werden bei parallelen Reflexionsebenen. Der Strahl werde in zwei, parallel und senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirte zerlegt; das Verhältnifs der Schwächung ihrer absoluten Geschwindigkeiten durch die Reflexion bei i sey $\frac{p}{s}$; da bei j dieselbe Schwächung stattfindet, so ist das Verhältnifs der Intensitäten der absoluten Geschwindigkeiten in den zwei Mal unter i und j reflectirten Strahlen gleich $\left(\frac{p}{s}\right)$; die Summe ihrer Verzögerung ist $\frac{\lambda}{2}$. Setzen wir diese Werthe in (2) und (5), so erhält man als Bahn für die Bewegung der Theilchen.

$$\frac{x}{p^2}+\frac{y}{s^2}=0; \quad \tang \alpha=-\tang^2 \beta \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

d. h. die Polarisation ist geradlinig, und die wieder hergestellte Polarisationsebene bildet den Winkel α mit der Reflexionsebene. — In der Tafel S. 240 ist eine Reihe

Digitized by Google

Beobachtungen über die Neigungen α bei wieder hergestellter geradliniger Polarisation nach doppelter Reflexion von Stahlflächen unter verschiedenen Incidenzen i und j angegeben. Aus den angegebenen α's lassen sich also gleichfalls die Werthe für $\beta = \frac{p}{s}$ mittelst (9) ableiten. In folgender Tafel sind die aus der Tafel S. 240, und aus den Tafeln S. 233 und 234 sich ergebenden Werthe von $\frac{p}{s}$ für die verschiedenen Incidenzen auf Stahl zusammengestellt.

(III.)

Incidenz.		$\frac{\delta}{\lambda} 2\pi$.		β.		Berechnete β.		Unterschied.	
75°	*)	90°		28°	56′	28°	56′	0°	0′
77		80	58	29	41	29	5	+0	36
79	37 *)	60		31	42	30	44	+0	58
80		65	36	30	24	30	7	+0	17
83	30 *)	45		33	53	33	1	+0	52
84	38 *)	36		35	31	34	52	+0	39
85		35	4	34	56	35	5	—0	9
85	45 *)	30		36	35	36	17	+0	18
90		0		45		45		0	0

Die horizontalen Reihen, welche mit *) bezeichnet sind, ergeben sich aus den Tafeln S. 233 und 234, die andern folgen aus der Tafel S. 240.

Es ist wegen eines sogleich sich ergebenden Gebrauchs noch eine verticale Reihe für die der Incidenz entsprechende Verzögerungsphase $\frac{\delta}{\lambda} 2\pi$ hinzugefügt; der Werth für dieselbe in den mit einem *) bezeichneten horizontalen Reihen ist aus der Anzahl von Reflexionen entnommen, welche zur Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation in der Brewster'schen Tafel als erforderlich angegeben ist; in den andern horizontalen Reihen ist diese Gröfse aus der Incidenz nach dem obigen Ausdruck (A) berechnet.

Digitized by Google

Die Schwächung oder der Winkel β mufs eine Function des Einfallswinkels seyn, — oder vielmehr, da diese Schwächung gleich ist bei den Einfallswinkeln, bei welchen die Phasen $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ sich zu 180° ergänzen, kann sie nur eine Function des Sinus der Verzögerungsphase $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ seyn. In der That lassen sich die in der Tafel enthaltenen Werthe von β darstellen durch:

$$(B) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad tang\, 2\beta = \frac{A}{sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi},$$

wo A eine von der specifischen Natur des reflectirenden Metalls abhängige Gröfse bedeutet, oder $= tang\, 2\beta_{,}$ ist, wenn $\beta_{,}$ sich auf eine Reflexion unter dem Polarisationswinkel bezieht, bei welchem $\frac{\delta}{\lambda}2\pi = 90°$ ist. Dafs die Beobachtungen mit diesem sehr einfachen Gesetz übereinstimmen, ersieht man aus der verticalen Reihe mit der Ueberschrift: berechnete β, welche nach:

$$tang\, 2\beta = \frac{tang\, 57°\, 52'}{sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}$$

berechnet ist. Die Abweichungen der aus den Beobachtungen abgeleiteten Werthe von β von den aus dieser Formel sich ergebenden müssen als sehr klein erscheinen, wenn man bedenkt, dafs in den mit (*) bezeichneten Spalten der Lichtstrahl drei bis sechs Mal unter demselben durch Probiren zu bestimmenden Winkel reflectiren mufste, abgesehen von der Schwierigkeit bei dieser Schwächung des Lichtes das Kalkspathprisma in das richtige Azimuth zu bringen; auch stimmen die Beobachtungen, wo nur eine zweimalige Reflexion erforderlich war, viel besser mit den Berechnungen überein. Man kann in diesen Abweichungen nur die grofse Gewandtheit und Genauigkeit des Beobachters bewundern, und

Digitized by Google

glauben, dafs (B) ein genauer Ausdruck für das Verhältnifs der Schwächung $\frac{p}{s}$ ist *).

Man kann diesen Ausdruck (B) noch auf die Beobachtungsreihen für Silber, S. 233 und 234, anwenden, aber leider haben sich da offenbare Fehler eingeschlichen. In folgender Tafel sind für Silber die den Phasen entsprechenden Werthe von α, d. i. die Neigungen der wieder hergestellten Polarisationsebenen mit der Reflexionsebene abgeleitet (mittelst $tang\,\alpha = (tang\,\beta)^{\frac{\lambda}{2\delta}}$, wo $\frac{\lambda}{2\delta}$ die zur Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation erforderliche Anzahl Reflexionen ist), und neben diese die in der Brewster'schen Tafel angegebenen α's gestellt.

Incidenz.	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi$.	β.	Berechnete α.	Beobachtete α.
73°	90°	42° 23′	39° 48′	39° 48′
79 40′	60	42 44	38 18	38 28
82 30	45	43 9	37 41	37 45
? {77 13	36	43 28	37 25	{33 10
? {85 6	30	43 42	37 15	{35 0} ?
? {84 5	25 43′	43 52	37 9	{26 0

*) Der Winkel 57° 52′ ist der doppelte des in (III) angegebenen für β bei Stahl; alle folgenden Beobachtungen stimmen aber dahin, dafs dieser Winkel etwas zu klein sey, und er statt 28° 56′ nahe 30° betragen müsse; bestimmt man A in

$$tang\,2\beta = \frac{A}{\sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}$$

aus sämmtlichen Beobachtungen in der Tafel, so erhält man:

$$A = tang\,59^{\circ}\,46',$$

wodurch die Beobachtungen sich besser darstellen. In (III) wäre demnach richtiger statt 28° 56′ zu setzen 29° 53′.

Digitized by Google

§. 2.

Die Ausdrücke (A) und (B) für die Verzögerung und für das Verhältnifs der Schwächung, welche durch die Reflexion von Metallflächen in den zwei, parallel und senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirten Strahlen hervorgebracht werden, reichen hin, alle Erscheinungen der elliptischen Polarisation für jedes Metall, wenn sein Polarisationswinkel und das Verhältnifs der Schwächung bei der Incidenz unter dem Polarisationswinkel bekannt ist, numerisch zu bestimmen. Die Anwendungen, die jetzt von den Ausdrücken (A) und (B) auf die übrigen von Brewster mitgetheilten Beobachtungen gemacht werden sollen, werden theils die Genauigkeit der Ausdrücke (A) und (B) von Neuem bestätigen, theils werden sie die Richtigkeit der ganzen zu Grunde gelegten Ansicht dieser Klasse von Phänomenen beweisen; wir werden sehen: es ist keine Beobachtung vorhanden, die sich nicht vollständig aus dieser Ansicht erklärte.

Es werde ein ursprünglich in dem Azimuth a polarisirter Strahl unter denselben Incidenzen von Metallflächen so oft reflectirt, bis seine geradlinige Polarisation wieder hergestellt ist; die Neigung α der wieder hergestellten Polarisationsebene ist eine Function von a und der Anzahl der Reflexionen; diese Function soll bestimmt werden. — Die Intensitäten der beiden Strahlen, von denen der eine parallel, der andere senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirt ist, in welche der einfallende Strahl zerlegt werden mufs, sind hier nicht mehr gleich wie oben bei einer ursprünglichen Polarisation unter $+45°$ sondern der erstere hat eine Intensität: $\cos^2 a$, der andere $\sin^2 a$; nach einmaliger Reflexion sind ihre Intensitäten also $p^2 \cos^2 a$ und $p^2 \sin^2 a$, und ihre Vibrationsgeschwindigkeiten demnach $s \cos a$ und $p \sin a$, wo p und s durch die Incidenz, unter welcher die Reflexion stattfindet, gegeben ist. — Wenn n die kleinste Anzahl von Reflexionen bedeutet, die erforderlich ist, um be

der Incidenz *i* die geradlinige Polarisation wieder herzustellen; so sind die Componenten der wieder hergestellten geradlinigen Bewegung $\cos as^n$ und $\sin ap^n$; substituirt man diese beiden Gröfsen in (5), so erhält man:

$$\tang \alpha = \mp \tang a \left(\frac{p}{s}\right)^n = \mp \tang a \tang^n \beta,$$

wo das — oder + anzuwenden ist, je nachdem *n* Mal die der Incidenz *i* entsprechende Verzögerungsphase $\frac{\delta}{\lambda} 2\pi$ ein ungerades oder gerades Vielfache von π ist. Setzt man $\mp \tang^n \beta = \tang \vartheta$, d. h. gleich der Tangente des Winkels, unter welchem die wieder hergestellte Polarisationsebene gegen die Reflexionsebene geneigt ist bei ursprünglicher Polarisation unter $+45°$, so erhält man:

$$\tang \alpha = \tang a \tang \vartheta.$$

Diefs ist die Formel, welche Brewster, S. 230 a. a. O., aus den Beobachtungen selbst abgeleitet hat.

Wenn der Strahl *m* Mal *n* Reflexionen erleidet, *n* in der eben gebrauchten Bedeutung genommen, so erhält man für α folgende Bestimmung:

$$\tang \alpha = \mp \tang a \tang^{m \cdot n} \beta.$$

Setzt man $a = 45°$ und $\tang^n \beta$ wieder $= \tang \vartheta$, so ist:

$$\tang \alpha = \tang^m \vartheta,$$

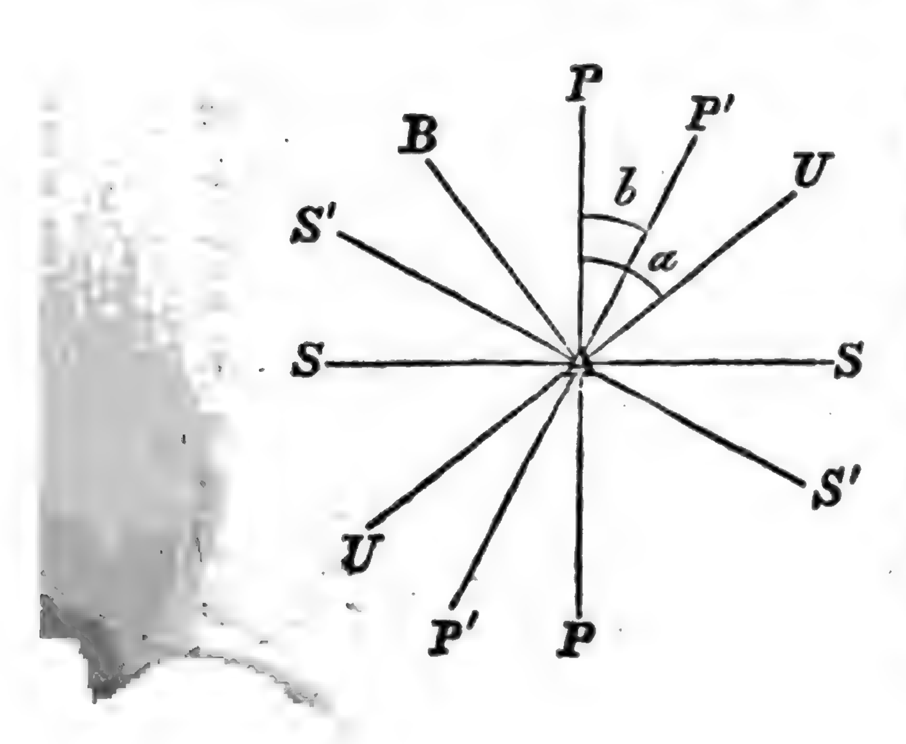
welchen Ausdruck für α Brewster, S. 232 a. a. O., durch Induction, und den Beobachtungen entsprechend, gefunden hat.

Ich wende mich jetzt zu denjenigen Erscheinungen, welche den Entdecker veranlafst haben, der ganzen Klasse von Erscheinungen, die durch Reflexion von Metallflächen hervorgebracht werden, den Namen: *elliptische Polarisation* zu geben, S. 241 u. ff. *Wenn ein im Azimuth +a polarisirter Strahl unter irgend einer Incidenz i von einer Metallfläche reflectirt ist, und von einer zweiten Fläche desselben Metalls noch einmal reflectirt wird, so dafs die zweite Reflexionsebene einen Winkel b mit der ersten Reflexionsebene bildet, so giebt es für*

Digitized by Google

diese zweite Reflexionsebene immer eine von b und a und i abhängige Incidenz, bei welcher der Strahl wieder geradlinig polarisirt ist.

Wir haben bereits oben in §. 1 gesehen, dafs wenn $a=45^\circ$ und $b=0^\circ$ ist, d. h. wenn das Azimuth der ursprünglichen Polarisation $+45^\circ$ ist, und wenn beide Reflexionsebenen parallel sind, die zweite Incidenz, bei welcher die Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation stattfindet, diejenige ist, deren Verzögerungsphase $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ sich mit der Verzögerungsphase der ersten Incidenz zu 180° ergänzt: dasselbe gilt, wie man leicht übersieht, für jeden Werth von a; auch davon überzeugt man sich leicht, dafs wenn $b=90^\circ$, d. h. beide Reflexionsebenen senkrecht auf einander stehen, die zweite Incidenz gleich der ersten seyn mufs, indem bei dieser Stellung der zweiten Fläche der Strahl s in der zweiten Reflexion dieselbe Verzögerung gegen p erleidet, die vorher bei der ersten Reflexion p gegen s erlitten hatte, wodurch also der Unterschied ihres Weges aufgehoben wird; dieses gilt bei jedem Werth von a. — In allen anderen Azimuthen der zweiten Reflexionsebene sind Incidenzen erforderlich, deren Complement zu 90° Brewster durch die Radien einer Ellipse dargestellt hat — worin er die experimentelle Berechtigung sah, den von der ersten Fläche reflectirten Strahl: *elliptisch polarisirt* zu nennen.



Es sey UU die Projection der ursprünglichen Polarisationsebene, so dafs sich die Theilchen also in der Richtung AB senkrecht auf UU bewegen; PP sey die Projection der ersten Reflexionsebene, die mit der Polarisationsebene UU den Winkel a bildet; SS steht senk-

Digitized by Google

recht auf PP; $P'P'$ ist die Projection der zweiten Reflexionsebene, $S'S'$ steht senkrecht auf $P'P'$; die zweite Reflexionsebene bildet mit der ersten den Azimuthalwinkel b.

Die ursprüngliche Bewegung in AB wird durch die erste Reflexion zerlegt in eine nach AP und eine nach AS, von denen die erstere eine Verzögerung $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ gegen die zweite erleidet; durch die zweite Reflexion wird jede dieser Bewegungen zerlegt nach AP' und AS'; die beiden Bewegungen nach AP' componiren sich zu *einer* neuen resultirenden *), diese beiden resultirenden Bewegungen nach AP' und AS' haben nicht mehr, auch vor der zweiten Reflexion, denselben Unterschied der Phasen $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$, welchen die unzerlegten Bewegungen nach AP und AS hatten, sondern einen andern *resultirenden Unterschied* der Phasen $\frac{\delta'}{\lambda}2\pi$. Dieser Unterschied der Phasen $\frac{\delta'}{\lambda}2\pi$ wird durch die zweite Reflexion um $\frac{\delta''}{\lambda}2\pi$ vermehrt, so daſs nach der zweiten Reflexion der ganze Unterschied $\frac{\delta'+\delta''}{\lambda}2\pi$ ist; soll nun nach der zweiten Reflexion die Polarisation wieder geradlinigt seyn, so muſs:

$$\sin\frac{\delta'+\delta''}{\lambda}2\pi=0$$

seyn. Aus dieser Gleichung muſs δ'' durch δ' bestimmt werden, welches gegeben ist durch die Incidenz der ersten Reflexion, durch a und b. Wenn δ'' bekannt ist, so läſst sich daraus mittelst (A) die Incidenz in der zweiten Reflexion finden, wodurch die Aufgabe gelöst ist.

Die Componenten der Bewegung in AP und AS nach der ersten Reflexion seyen P und S, so ist:

*) Und eben so setzen sich die Bewegungen AS zu *einer* resultirenden Bewegung zusammen.

Digitized by Google

$$P = p \,.\, \sin a \,.\, \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{\lambda}\right) 2\pi$$

$$S = s \cos \,.\, a \sin \frac{t}{T} 2\pi.$$

Werden die Bewegungen P und S nach AP' und AS zerlegt, und die Componenten mit P' und S' bezeichnet, so erhält man:

$$P' = p \sin a \cos b \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{\lambda}\right) 2\pi - s \cos a \sin b \sin \frac{t}{T} 2\pi$$

$$S' = p \sin a \sin b \,.\, \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{\lambda}\right) 2\pi + s \cos a \cos b \sin \frac{t}{T} 2\pi.$$

Setzt man nun:

$$P' = A \sin \,.\, \left(\frac{t}{T} - \frac{D}{\lambda}\right) 2\pi$$

und

$$S' = A' \sin\left(\frac{t}{T} - \frac{D'}{\lambda}\right) 2\pi,$$

so erhält man zur Bestimmung von A, D und A', D':

$$\left.\begin{aligned} A \cos \frac{D}{\lambda} 2\pi &= p \sin a \cos b \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi - s \cos a \sin b \\ A \sin \frac{D}{\lambda} 2\pi &= p \sin a \cos b \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi \end{aligned}\right\} \quad (a)$$

und

$$\left.\begin{aligned} A' \cos \frac{D'}{\lambda} 2\pi &= p \sin a \sin b \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi + s \cos a \cos b \\ A' \sin \frac{D'}{\lambda} 2\pi &= p \sin a \sin b \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi \end{aligned}\right\} \quad (b)$$

woraus man zieht:

$$\operatorname{tang} \frac{D}{\lambda} 2\pi = -\frac{-\frac{p}{s} \operatorname{tang} a \operatorname{cotang} b \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi}{1 - \frac{p}{s} \operatorname{tang} a \operatorname{cotang} b \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi}$$

$$\operatorname{tang} \frac{D'}{\lambda} 2\pi = \frac{\frac{p}{s} \operatorname{tang} a \operatorname{tang} b \sin \frac{\delta}{\lambda} 2\pi}{1 + \frac{p}{s} \operatorname{tang} a \operatorname{tang} b \cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi}$$

Digitized by Google

Es ist $\left(\frac{D-D'}{\lambda}\right)2\pi$ die resultirende Verzögerungsphase, welche vorher mit $\frac{\delta'}{\lambda}2\pi$ bezeichnet wurde; wenn also $\frac{\delta''}{\lambda}2\pi$ die durch die zweite Reflexion erzeugte Verzögerungsphase bedeutet, so mufs

$$sin\left[\frac{D-D'}{\lambda}2\pi+\frac{\delta''}{\lambda}2\pi\right]=0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (c)$$

seyn, woraus:

$$tang\left(\frac{D-D'}{\lambda}\right)2\pi+tang\left(\frac{\delta''}{\lambda}\right)2\pi=0.$$

Man erhält aber, wenn man setzt:

$$\frac{p}{s}\,tang\;a=tang\,\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (d)$$

nach allen Reductionen:

$$tang\frac{D-D'}{\lambda}2\pi=\frac{sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}{cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi\,cos\,2b-sin\,2b\,cotang\,2\gamma.} \quad (e)$$

Zur Bestimmung von δ'' hat man demnach:

$$0=tang\frac{\delta''}{\lambda}2\pi+\frac{sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}{cos\frac{\delta}{\lambda}2\pi\,cos\,2b-sin\,2b\,cotang\,2\gamma} \quad (f)$$

Ohne in (f) statt $tang\left(\frac{\delta''}{\lambda}\right)2\pi$ seinen Werth mittelst (A) zu setzen, um daraus die Incidenz, welche der der jedesmaligen b entspricht, analytisch abzuleiten, welches zu complicirten Formeln führt, kann man, um das theoretische Resultat mit den Beobachtungen zusammenzuhalten, mittelst der Formel (e) die Verzögerung

$$\left(\frac{D-D'}{\lambda}\right)2\pi$$

berechnen, und diese in (c) substituiren, dann daraus δ'' bestimmen, mit der Berücksichtigung, dafs $\frac{\delta''}{\lambda}2\pi$ zwi-

schen 0° und 180° liegen mufs, und aus der Tafel II die der Verzögerung δ'' entsprechende Incidenz mittelst Interpolation entnehmen. — Es soll zunächst eine Anwendung auf die S. 241 a. a. O. angegebenen Versuche mit einer Stahlplatte gemacht werden. Die Incidenz war der Polarisationswinkel, d. h. 75°, also $\frac{\delta}{\lambda} 2\pi = 90°$. Das Azimuth der ursprünglichen Polarisation betrug 45°; es ist also nach (d) $tang\, \gamma = \frac{p}{s}$, und dieses $= tang\, 28°\, 56'$ nach (III), und demnach verwandelt sich (e) in:

$$tang \frac{D - D'}{\lambda} 2\pi = \frac{-tang\, 57°\, 52'}{sin\, 2b}.$$

$b.$	$\frac{D-D'}{\lambda}$	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi.$	Berechnete $i.$	Beob. $i.$	Differenz.
0	90°	90°	75°	75°	0° 0'
22½	113 52'	66 8'	79 54'	77	+2 54
45	122 8	57 52	81 20	78	+3 20
67½	113 52	66 8	79 54	77¾	+2 9
90	90	90	75	75	0 0
112½	66 8	113 52	68 25	70	—1 35
135	57 52	122 8	65 32	68	—2 28
157½	66 8	113 52	68 25	70	—1 35
180	90	90	75	75	0

In der ersten Beobachtungsreihe, S. 245 a. a. O., ist die Incidenz der ersten Reflexion 80°, und demnach $\frac{\delta}{\lambda} 2\pi$ $= 65°\, 36'$; es ist $a = 45°$, also $tang\, \gamma = \frac{p}{s}\, tang\, 30°\, 7'$;

$$tang \frac{D - D'}{\lambda} 2\pi = \frac{sin\, 65°\, 36'}{cos\, 65°\, 36'\, cos\, 2.b - sin\, 2.b\, cot\, 60°\, 14'},$$

oder wenn man $tang\, A = tang\, 60°\, 14'\, cos\, 65°\, 36'$ setzt, und $tang\, B = sin\, 65°\, 36\, tang\, 60°\, 14'\, cos\, A$:

$$tang \frac{D - D'}{\lambda} 2\pi = \frac{tang\, B}{sin\,(A - 2b)} = \frac{tang\, 52°\, 14'}{sin\,(35°\, 50' - 2b)}.$$

Digitized by Google

$+b$.	$\frac{\delta''}{\lambda} 2\pi$.	Berechnete i.	Beob. I.	Beob. II.	$-b$.	$\frac{\delta''}{\lambda} 2\pi$.	Berechnete i.	Beob. I	Beob. II.
0	114° 24′	68° 15′	67°	68°	0°	114° 24′	68° 15′	67°	68°
11¼	100 8	72 26	70	70	11½	123 21	65 0	65	69
22½	82 58	76 32	73⅔	72	22½	127 24	63 26	64	70
33¾	64 52	79 34	77	75	33¾	127 1	63 36	66	64⅓
45	57 52	81 21	78½	78½	45	122 8	66 25	69½	63⅔
56¼	52 59	82 11	80	80¼	56¼	112 8	68 58	72	64½
67½	52 36	82 15	80½	81	67½	97 2	73 15	74⅔	65½
78¾	56 36	81 34	80¼	80	78¾	79 52	77 12	79	66
90	65 36	80	80	79	90	65 36	80	80	79

Die zweite Tafel, S. 245 a. a. O., enthält Beobachtungen, in welchen die Incidenz der ersten Reflexion 68° betrug. Es ist 68° 14′, die mit 80° correspondirende Incidenz, d. h. ihre beiden Verzögerungsphasen ergänzen sich zu 180°. Betrachten wir diese zweite Reihe als streng unter der Incidenz der Ergänzungsphase der ersten Reihe stattgefunden, so ist in dem vorhergehenden Ausdruck für $tang\, \frac{D-D'}{\lambda} 2\pi$ dem cos 65° 36′ nur das negative Vorzeichen zu geben, wodurch:

$$tang\, \frac{D-D'}{\lambda} 2\pi = - \frac{tang\, B}{sin(A+2\,.\,b)}$$

wird; setzen wir nun $b = 90 - b_{\prime}$, so erhalten wir:

$$tang\, \frac{D-D'}{\lambda} 2\pi = \frac{tang\, B}{sin(A-2\,.\,b_{\prime})},$$

also genau denselben Ausdruck in b' als vorher in b; es sind also die erforderlichen Phasen $\frac{\delta''}{\lambda} 2\pi$, und somit die erforderlichen Incidenzen bei dem Azimuth b der ersten Reihe und dem Azimuth $b_{\prime}$ der zweiten Reihe, d. i. demjenigen Azimuth, welches von 90° dieselbe Entfernung rückwärts als b von 0° an vorwärts hat, sich gleich. Hiernach sind die Beobachtungen unter der Incidenz 68° in die obige Tafel in die verticalen Reihen, mit II überschrieben, mit aufgenommen.

Die Uebereinstimmung der beobachteten Incidenzen mit den berechneten ist nicht so grofs, wie man gewohnt ist bei Beobachtungen zu finden, welche Brewster angestellt hat. — Die Abweichungen sind im Ganzen von der Art, dafs man irgend eine zufällig constante Fehlerquelle vermuthen möchte, und diese möchte wohl darin zu suchen seyn, dafs die ersten Reflexionen nicht genau unter 80° und 68° stattgefunden haben; — in der That ein geringer Fehler in dieser Incidenz bringt einen etwa fünf Mal so grofsen Fehler in der Verzögerungsphase hervor, und dadurch können dann leicht Fehler von 2° in den berechneten Incidenzen entstehen *). — Wenn man die Beobachtungen, welche, S. 243 a. a. O., mit Silber angestellt sind, berechnet, so dafs man von den angegebenen Incidenzen 80° und 68° ausgeht, so finden wiederum ähnliche Abweichungen von den Beobachtungen statt — wenn man aber annimmt, dafs die erste Incidenz nicht unter 80°, wodurch eine Verzögerung $\frac{\delta}{\lambda}2\pi = 58^\circ\ 22'$ enstanden wäre, sondern unter 79° 40' stattgefunden hätte, wodurch eine Verzögerung $\frac{\delta}{\lambda}2\pi = 60^\circ$ hervorgebracht wäre; so findet eine Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Rechnung und den Beobachtungen statt, wie sie nur immer erwartet werden kann. — Um die Formel (e) auf diesen Fall anzuwenden, mufs, da $a = 45^\circ$ ist, und also $tang\,\gamma = \frac{p}{s}$, gesetzt werden: $cotang\,2\gamma = \frac{\sin\frac{\delta}{\lambda}}{tang\ 84^\circ\ 46'}$ nach (B) und I. Nachgehörige Reduction erhält man:

$$tang\,\frac{D-D'}{\lambda}2\pi = \frac{tang\ 84^\circ\ 46'\ \cos\ 80^\circ\ 59'}{\sin\,[80^\circ\ 59' - 2\,.\,b]} + b.$$

*) Man würde auch eine bessere Uebereinstimmung erhalten, wenn man statt des Werthes von $\frac{p}{s}$ aus (III) den gewifs richtigeren 29° 53' setzte. Siehe die vorhergehende Anmerkung.

Digitized by Google

$+b$	$\frac{\delta''}{\lambda}2\pi$	Berechnete i.	Beobacht. i.	$-b$	$\frac{\delta''}{\lambda}2\pi$	Berechnete i	Beobacht. i.
0°	120°	63° 42′	61° 58′	0°	120°	63° 42′	61° 58′
11¼	121 30′	68 8	65 20	11¼	119 37′	63 53	63 25
22½	108 33	67 41	69	22½	115 18	65 25	64 10
33¾	97 46	70 54	73 20	33¾	106 9	68 26	68 47
45	84 46	74 17	75 25	45	95 14	71 33	71 40
56¼	73 1	77 0	78 50	56¼	82 14	74 54	75 40
67½	64 42	78 44	80	67½	71 27	77 10	78 28
78¾	60 23	79 35	80	78¾	63 31	79	79 45
90	60	79 40	80	90	60	79 40	80

Diese Zusammenstellung der Beobachtungen mit den Resultaten der Formel (e) wird hinreichen, um zu beweisen, daſs diese das vorliegende Phänomen nicht nur im Allgemeinen genau darstellt, sondern daſs sie die einzelnen Beobachtungen auch so treu, wie es möglich ist diese anzustellen, wiedergiebt.

Den theoretischen Ausdruck für die S. 248 a. a. O. aufgeführten Versuche erhält man, wenn in (f) statt b gesetzt wird $\pm 45°$, statt $tang\,2\gamma$ sein Werth aus (d):

$$0 = tang\,\frac{\delta''}{\lambda}2\pi \mp sin\,\frac{\delta}{\lambda}2\pi \frac{2\frac{p}{s}\,tang\,a}{1-\left(\frac{p}{s}\right)^2 tang^2\,a}.$$

Jene Versuche sind wahrscheinlich bei der Reflexion unter dem Polarisationswinkel an der ersten Platte angestellt (gesagt ist es nicht), alsdann ist $sin\,\frac{\delta}{\lambda}\,2\pi = 1$, und man erhält:

$$0 = tang\,\tfrac{1}{2}\frac{\delta''}{\lambda}2\pi \mp \frac{p}{s}\,tang\,a.$$

Die den hiernach berechneten Verzögerungen $\frac{\delta''}{\lambda}$ entsprechenden Incidenzen fallen indessen constant gröſser für $b = +45°$ und kleiner für $b = -45°$ aus, als die beobachteten.

Wenn ein ursprünglich unter $+45°$ polarisirter Strahl unter dem Polarisationswinkel von zwei verschiedenen Metallen reflectirt wird, so findet Brewster, dafs die geradlinige Polarisation wieder hergestellt wird, und dafs deren Ebene mit der Reflexionsebene einen Winkel bildet, welcher das arithmetische Mittel ist der beiden Winkel, welche die Polarisationsebenen bilden würden mit der Reflexionsebene, wenn die Wiederherstellung durch doppelte Reflexion von den einzelnen Metallen hervorgebracht worden wäre. Es ist leicht, aus der Theorie den *strengen* Ausdruck für diesen Winkel abzuleiten, wenn die Wiederherstellung durch Reflexion von einer beliebigen Anzahl verschiedener Metallflächen unter beliebigen Incidenzen hervorgebracht ist.

Es seyen $\left(\frac{p}{s}\right)_i$, $\left(\frac{p}{s}\right)_{i'}$, $\left(\frac{p}{s}\right)_{i''}$ ... die Verhältnisse der Schwächung bei den verschiedenen Metallen unter den Incidenzen i, i', i'' ...; die Verzögerungen bei denselben Incidenzen seyen δ_i, $\delta'_{i'}$, $\delta''_{i''}$ ... Damit die geradlinige Polarisation wieder hergestellt sey, mufs

$$sin\left(\frac{\delta_i+\delta'_{i'}+\delta''_{i''}+\ldots}{\lambda}\right)2\pi=0$$

seyn, es ist alsdann, je nachdem der

$$cos\frac{\delta_i+\delta'_{i'}+\delta''_{i''}\ldots}{\lambda}2\pi$$

negativ oder positiv ist:

$$tang\,\alpha=\pm\left(\frac{p}{s}\right)_i\left(\frac{p}{s}\right)'_{i'}\left(\frac{p}{s}\right)''_{i''}\ldots$$

wenn α die Neigung der Polarisationsebene gegen die Reflexionsebene bedeutet. — Bei den beiden Reflexionen unter dem Polarisationswinkel von Stahl und Silber ist also:

$$tang\,\alpha=tang\,29°\,53'\,tang\,42°\,23'=tang\,27°\,40'\;^{*})$$

statt der 28° 30′, welche Brewster beobachtet hat.

*) Es ist statt des Werthes $tang\,\beta=\frac{p}{s}$ aus III gesetzt der richtigere $\beta=29°\,53$.

Wenn ein ursprünglich unter $+45^{\circ}$ polarisirter Strahl zwei Mal unter der Incidenz $54\frac{1}{2}$ im Innern des Glases eine totale Reflexion erlitten hat, so ist die dadurch hervorgebrachte Verzögerung $\frac{\delta}{\lambda}2\pi=\frac{1}{2}\pi$; es ist $\frac{p}{s}$ in diesem Fall $=1$; erleidet der Strahl nun eine dritte Reflexion von einer Metallfläche unter dem Polarisationswinkel, so wird die ganze Verzögerung, welche durch diese drei Reflexionen hervorgebracht ist, $=\pi$ seyn; er wird also wiederum geradlinig polarisirt seyn, und die Neigung der neuen Polarisationsebene α gegen die Reflexionsebene ist gegeben durch:

$$tang\,\alpha=\frac{p}{s}=tang\,\beta.$$

War diese dritte Reflexion von einer Stahlfläche hervorgebracht, so findet man $\alpha=29^{\circ}\,53'$ statt der von Brewster beobachteten $30\frac{1}{2}$; war sie von einer Silberfläche hervorgebracht, so ist $\alpha=42^{\circ}\,24'$ statt der beobachteten $42\frac{1}{2}$.

Wenn ein ursprünglich unter $+45^{\circ}$ polarisirter Strahl eine oder mehrere totale Reflexionen bei parallelen Reflexionsebenen erlitten hat, die dadurch hervorgebrachte Verzögerung mit δ bezeichnet wird, und er nun eine letzte Reflexion im Azimuth b von einer Metallfläche erfahren soll, so dafs dadurch seine geradlinige Polarisation wieder hergestellt wird, so ist die hierzu erforderliche Incidenz aus δ'' zu berechnen; dieses δ'' bestimmt sich aus (f); die Gleichung (f) verwandelt sich aber für diesen Fall, wo $a=45$ und $\frac{p}{s}=1$ ist, in:

$$tang\frac{\delta''}{\lambda}2\pi+\frac{tang\frac{\delta}{\lambda}2\pi}{cos\,2b}=0.$$

Man sieht hieraus, dafs:

1) Wenn die durch die totalen Reflexionen veran-

Digitized by Google

lafsten Verzögerungen $\frac{\delta}{\lambda}2\pi = \frac{1}{2}\pi$ sind, d. h. wenn der Strahl dadurch circular polarisirt ist, die dem δ'' entsprechende Wiederherstellungs-Incidenz immer unabhängig vom Azimuth b ist, und gleich dem Polarisationswinkel ist.

2) Welches auch die Verzögerung sey, welche durch die totalen Reflexionen hervorgebracht wird, wenn die Metallreflexion im Azimuth 45°, d. i. bei $b = 45°$ geschieht, die Wiederherstellungs-Incidenz immer der Polarisationswinkel ist.

3) Wenn $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ kleiner als $\frac{1}{2}\pi$ ist, so ist für alle b kleiner als 45°, die erforderliche Incidenz größer als der Polarisationswinkel; für Azimuthe b aber zwischen 45° und 90° ist die Wiederherstellungs-Incidenz kleiner als der Polarisationswinkel; wenn $\frac{\delta}{\lambda}2\pi$ gröfser als $\frac{1}{2}\pi$, gilt das Umgekehrte.

Die unter 3) bemerkten Folgerungen kann man zum Theil durch das, was Brewster, S. 250 a. a. O., beobachtet hat, bestätigt sehen. Sobald seine Beobachtungen, die er über diese Combination der totalen Reflexion mit der Metallreflexion verspricht, vorliegen, wird man die numerische Genauigkeit unseres Ausdrucks prüfen können.

Um auf die S. 253 angegebenen Beobachtungen, wo ein von einer Stahlplatte reflectirtes, ursprünglich unter +45° polarisirtes Licht durch einen Krystall, der das Blafsblau der ersten Ordnung polarisirte, hindurchging, die Theorie anzuwenden, mufs man bemerken: *erstens*, dafs dieses Blafsblau hervorgebracht wird durch eine Verzögerung im Gange der beiderlei Strahlen im Krystalle von nahe einem Viertel einer Undulationslänge der mittleren Strahlen im Farbenspectrum; *ferner*, dafs in positiven Krystallen, wie der von Brewster angewandte war, derjenige Strahl sich langsamer bewegt, dessen

Digitized by Google

Schwingungen parallel dem Hauptschnitt geschehen. Wenn daher das von einem Metalle unter dem Polarisationswinkel reflectirte Licht durch einen Krystall so durchgeht, daſs dessen Axe senkrecht gegen die Reflexionsebene steht, so ist die Verzögerung, welche durch das Metall hervorgebracht war, und die den Strahl, dessen Schwingungen in der Reflexionsebene geschehen, trifft, aufgehoben durch die Verzögerung, welche der andere Strahl im Krystall erfährt. Die durch den Krystall wieder hergestellte Polarisationsebene hat eine positive Neigung gegen die Reflexionsebene *), weil in (2) $\delta = 0$ zu setzen ist, und ihr Azimuth α ist gegeben durch:

$$tang\,\alpha = + \frac{p}{s}.$$

Diese α's für die verschiedenen Metalle haben also die in (III) unter β berechneten Werthe, und dieſs stimmt mit den Beobachtungen S. 251 a. a. O. vollkommen.

Wenn die Reflexion vom Metall nicht unter dem Polarisationswinkel geschieht, kann die Axe des Krystalls nicht mehr senkrecht gegen die Reflexionsebene stehen, wenn die bei der Reflexion hervorgebrachte Verzögerung durch diejenige, welche beim Durchgang durch den Krystall erzeugt wird, compensirt werden soll, sondern die auf der Axe senkrecht stehende Ebene muſs mit der Reflexionsebene einen Winkel b bilden, der mittelst (e) dadurch bestimmt wird, daſs $\frac{D-D'}{\lambda} 2\pi = \frac{1}{2}\pi$ gesetzt wird; hieraus folgt:

$$cos \frac{\delta}{\lambda} 2\pi \; tang\, 2\gamma = tang\, 2b.$$

*) In dieser positiven Neigung, welche die Beobachtung gelehrt hat, liegt der Beweis der oben ausgesprochenen Behauptung, daſs in (9), d. i. im Werthe von δ die Zahl n eine gerade seyn muſs; wäre n eine ungerade Zahl, so würde die durch den Krystall bewirkte Compensation des elliptisch polarisirten Strahls zu einem geradlinigen polarisirten diesem eine Polarisationsebene mit negativem Azimuth gegeben haben.

Digitized by Google

Wenn die ursprüngliche Polarisationsebene im Azimuth $+45^{0}$ war, so ist

$$tang\,2\gamma = \frac{2\frac{p}{s}}{1-\left(\frac{p}{s}\right)^2} = tang\,2\beta;$$

nach (B) ist aber:

$$tang\,2\beta = \frac{A}{sin\,\frac{\delta}{\lambda}2\pi},$$

man hat also:

$$tang\,2b = A\,cotang\,\frac{\delta}{\lambda}2\pi.$$

Diese Formel stellt das Phänomen der Drehung des Krystalls im Allgemeinen so dar, wie es Brewster, S. 253, beobachtet hat; bei einer Incidenz in der Nähe von 90° ist b nahe $+45°$; bei abnehmender Incidenz wird b kleiner, und es wird $=0$, wenn die Incidenz bis zum Polarisationswinkel abgenommen hat; von hier wird b negativ und wächst bis $-45°$, während die Incidenz abnimmt bis 0°. Die numerischen Werthe dieser Formel weichen aber beträchtlich von den Beobachtungen ab, welches einer besonderen Erklärung noch bedarf.

Incidenz.	$\frac{\delta}{\lambda}2\pi$.	Berechnete b.	Beobachtete b.
90°	0° 0′	45°	45°
88	14 20	40 42′	38½
83½	44 46	30	22½
75	90	0	0
60	135 6	—29 56	—22½
40	163 18	—40 2	—37

Der von der Metallfläche reflectirte Strahl, dessen Verzögerung durch den Krystall im Azimuth b compensirt wird, ist geradlinig polarisirt, und seine Polarisationsebene hat immer ein positives Azimuth α, welches auch die Incidenz i der Reflexion war, und:

$$tang\,\alpha = \left(\frac{p}{s}\right)_i = -\frac{A}{sin\left(\frac{\delta_i}{\lambda}2\pi\right)}$$

wo $\left(\frac{p}{s}\right)_i$ und δ_i der Incidenz i angehörigen Werthe bedeuten; wenn statt des Krystalls eine zweite Reflexion zur Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation angewandt wurde, so war, wie wir gesehen haben, das Azimuth α der neuen Polarisationsebene gegeben durch:

$$tang\,\alpha = -\left(\frac{p}{s}\right)_i^2 = -\left(\frac{A}{sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}\right)^2$$

Dafs durch die wiederholten Reflexionen polarisirten Lichtes von Metallen Farben entstehen müssen, wie beim Durchgang desselben durch Krystalle, ist nothwendig, weil λ hier, wie dort, für die verschiedenen homogenen Strahlen verschieden ist, und weil in beiden Fällen die Verzögerung abhängt von dem Refractionscoëfficient des einzelnen homogenen Strahls. Es treten aber verschiedene Umstände zusammen, welche diese Farbenerscheinungen von der Ordnung der Newton'schen Farbenringe und derjenigen, die in Krystallblättchen bei wachsender Dicke oder zunehmender Schiefe des Durchganges des Lichts durch sie meistens stattfindet, gänzlich entfernen. Zuerst die excessive Dispersion, welche einige Metalle wenigstens, wie Brewster beobachtet hat, auf das Licht ausüben; dazu kommt die höchst merkwürdige Thatsache, welche Brewster entdeckte, dafs die Brechungswinkel für das blaue Ende gröfser, als für das rothe Ende des Farbenspectrums sind *). Ferner die

*) Dieselbe Verzögerung δ wird bei blauem Licht durch eine Reflexion unter einer kleineren Incidenz hervorgebracht, als bei rothem Licht, das ist das beobachtete Factum. Wenn m der Brechungscoëfficient ist, so nämlich, dafs $m\,sin\,i = sin\,r$ ist, so läfst sich aus (A), $cotang\,\frac{1}{2}\frac{\delta}{\lambda}2\pi = tang\,i\,tang\,r$ die Incidenz i finden,

Digitized by Google

Veränderlichkeit des Verhältnisses der Intensitäten der parallel und senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirten Strahlen, welches von der Schiefe, der Anzahl der

welche einer gegebenen Verzögerung δ entspricht; diese Incidenz ist eine Function von m; wenn sich m in $m+\Delta m$ verwandelt, so wird i zu $i+\Delta i$: die Relation zwischen Δi und Δm ist:

$$\Delta i = -\frac{\sin i \cos i}{\cos^2 i + \cos^2 r} \frac{\Delta m}{m}.$$

Wenn m sich auf die mittleren Strahlen des Spectrums bezieht, so ist nach dem bisher Gekannten Δm negativ für die blauen Strahlen und positiv für die rothen Strahlen, wenn das Licht aus einem dünnen Medium in ein dichteres tritt; verhielte es sich bei den Metallen eben so, so müfste Δi positiv seyn für blaue Strahlen und negativ für rothe Strahlen, d. h. blaue Strahlen müfsten bei einer gröfseren Incidenz dieselbe Verzögerung erleiden, als rothe bei einer kleineren Incidenz; es verhält sich aber umgekehrt, es ist also Δm hier positiv für blaue Strahlen. Derselbe Ausdruck für Δi giebt auch die Vermehrung der Incidenz für die einzelnen homogenen Strahlen in der totalen Reflexion, damit sie dieselbe Verzögerung erleiden. In diesem Falle aber, wo das Licht aus einem dichten Medium in ein dünneres tritt, ist Δm positiv für die blauen Strahlen, und Δi erhält einen negativen Werth für blaue Strahlen, so lange $\cos^2 r + \cos^2 i$ positiv ist, einen positiven Werth, wenn $\cos^2 r + \cos^2 i$ negativ wird; man mufs sich nämlich erinnern, dafs $\cos r$ hier imaginär ist, und $\cos^2 r$ eine negative Gröfse. Das Vorzeichen des Werthes von $\cos^2 r + \cos^2 r$ ändert sich bei derjenigen Incidenz j, bei welcher das Maximum der Verzögerung nach einmaliger totaler Reflexion hervorgebracht wird, nämlich, wenn $\sin^2 j = \frac{2}{n^2+1}$ ist, und zwar so, dafs Δi negativ ist für die blauen Strahlen, bei Incidenzen, die zwischen j und i liegen, wenn i bestimmt ist durch $n \sin i = 1$, und positiv für die Incidenzen zwischen j und 90°. Bei Incidenzen zwischen 42° und 51° ungefähr verhält sich also die totale Reflexion im Innern des Glases, in Hinsicht des Einflusses der Dispersion auf die Verzögerung, wie die Reflexion von Metallen, d. h. zwischen diesen Gränzen werden die blauen Strahlen bei geringeren Incidenzen dieselbe Verzögerung erleiden, als die rothen bei gröfseren Incidenzen; zwischen den Gränzen 51° und 90° verhält sich die totale Reflexion in dieser Hinsicht gerade umgekehrt, wie die Metallreflexionen. — Diefs sind Folgerungen, die sich aus dem Fresnel'schen

Digitized by Google

Reflexionen und der Dispersion, welche das Metall ausübt, abhängt; wenn das Verhältniſs allgemein durch $\left(\frac{A}{\sin\frac{\delta}{\lambda}2\pi}\right)^2$ dargestellt werden kann, wo *n* die Anzahl der Reflexionen unter derselben Incidenz, und δ die bei dieser Incidenz hervorgebrachte Verzögerung bedeutet, so ist nicht allein δ für die einzelnen homogenen Strahlen wegen der Dispersion verschieden, sondern *sehr wahrscheinlich* auch *A*.

Es ist ohne Schwierigkeit für die entwickelte Theorie die ganz allgemeinen Formeln für die durch Metallreflexionen erzeugten Farben zu geben, bei einer beliebigen Anzahl von Reflexionen, unter beliebigen Incidenzen, bei beliebigen Azimuthen der Reflexionsebene; sie werden aber erst ein Interesse haben, wenn umfassendere Reihen von Beobachtungen über diese Farbenerscheinungen vorliegen, um an ihnen die Richtigkeit dieser Formeln zu prüfen; hier soll nur noch der einfachste Fall betrachtet werden. Ein homogener, ursprünglich im Azimuth *a* polarisirter Strahl habe *n* Reflexionen unter derselben Incidenz von demselben Metall bei parallelen Reflexionsebenen erlitten; er werde mit einem Kalkspathrhomboëder untersucht, dessen Hauptschnitt im Azimuth *b* sich befindet. Die Intensität des gewöhnlichen Bildes ist *A'* und des ungewöhnlichen *A* in den Formeln (a) und (b), wenn in ihnen statt *p*, *s* und δ gesetzt wird p^n_m, s^n_m, $n\delta_m$, wo p_m, s_m, δ_m durch den Index *m* als Functionen vom Refractionsindex *m* bezeichnet sind, d. i. als abhängig von der Farbe des Strahls. Man er-

Ausdruck für die durch die totale Reflexion veranlaſsten Verzögerungen ergeben; sie bedürfen aber noch einer sorgfältigen experimentalen Untersuchung, weil das, was Brewster beobachtet hat, S. 274 a. a. O., die Unrichtigkeit dieses Fresnel'schen Ausdrucks, wenigstens in seiner Anwendung auf die Verhältnisse, welche durch die Dispersion hervorgebracht werden, beweisen würde.

hält aus (a) z. B. als Intensität des ungewöhnlichen Bildes:

$$A^2_m = p^{2n}_m \sin^2 a \cos^2 b + s^{2n}_m \cos^2 a \sin^2 b$$
$$- \tfrac{1}{2} p^n_m s^n_m \sin 2a \sin 2b \cos \frac{n\delta}{\lambda} 2\pi$$
$$= [p^n_m \sin a \cos b - s^n_m \cos a \sin b]^2$$
$$+ p^n_m s^n_m \sin 2a \sin 2b \sin^2 \frac{n\delta}{\lambda} 2\pi$$

Dieser Ausdruck geht in dem Fall, dafs $p = s = 1$ ist, über in:

$$(A^2_m) = \sin^2(a-b) + \sin 2a \sin 2b \sin^2 \frac{n\delta}{\lambda} 2\pi,$$

welches der Ausdruck der Intensität des ungewöhnlichen Bildes ist, welches hervorgebracht wird durch einen Strahl, der ursprünglich im Azimuth a polarisirt durch ein Krystallblättchen gegangen ist, dessen Hauptschnitt im Azimuth 0° sich befindet, und welches den ungewöhnlichen Strahl um $n\delta$ verzögert hat gegen den gewöhnlichen Strahl — vorausgesetzt, dafs der Hauptschnitt des analysirenden Kalkspaths sich auch hier im Azimuth b befindet. Siehe Fresnel, *Ann. de chim. T. XVII p.* 107. — Die Vergleichung der Ausdrücke A^2_m und (A^2_m) lehrt am besten, welche Analogien bestehen zwischen den Farben, welche durch Krystallblättchen erzeugt werden, und denjenigen, die durch Metallreflexionen entstehen. Denn, wenn statt des homogenen Lichtes weifses Licht angewandt wird, so ist die Intensität und Farbe des ungewöhnlichen Bildes gegeben durch:

$$A^2 = \Sigma A^2_m,$$

wo Σ sagen will, dafs alle A^2_m's, den verschiedenen Werthen von m, d. i. den verschiedenen im weifsen Licht enthaltenen Farben angehörig, berechnet werden sollen, und diese nach der Newton'schen Regel über die aus einzelnen einfachen Farben von gegebener Intensität resultirende Farbe componirt werden sollen.

Digitized by Google

III. *Ueber eine merkwürdige Abänderung der Newton'schen Ringe;*

von G. B. Airy.

Professor der Astronomie und Physik in Cambridge.

(Aus dem von Seiten der *Cambridge Philosophical Society* übersandten 4. Volume ihrer gehaltvollen *Transactions.*) *)

Die folgende Abänderung der Beobachtung von Newton's Farbenringen wird, hoffe ich, so ziemlich als entscheidend für die Undulationstheorie angesehen werden können. Ich gerieth auf sie durch eine Betrachtung der Werthe, welche Fresnel's allgemeine Formel für die Intensität des reflectirten Lichts in gewissen Fällen annimmt. Die Erfahrung hat meine Muthmafsung vollständig bestätigt, und die Thatsache scheint nach jeder Emissionstheorie durchaus unerklärlich zu seyn.

Um mit einem allgemein bekannten Falle zu beginnen, sey angenommen, man habe eine convexe Linse von grofser Brennweite gelegt, entweder auf eine andere convexe Linse, oder auf eine ebene Glasplatte, oder auf ein concaves Glas, dessen concave Seite einen gröfseren Radius besitzt, als die convexe Seite der aufgesetzten Linse; dann falle Licht auf diese Vorrichtung und gelange nach der Reflexion in's Auge. Es zeigt sich nun eine Reihe von Ringen mit einem merkwürdigen schwarzen Fleck in der Mitte, dessen Schwärze jedoch bisweilen erst nach einem beträchtlichen Druck deutlich hervortritt. Beim Neigen der einfallenden Strahlen breiten sich die Ringe mehr aus, doch bleibt die Mitte vollkommen schwarz, auch wenn jene Strahlen zuletzt der oberen Linsenfläche parallel gemacht werden.

*) Eine vorläufige Anzeige von dem Inhalt dieses und des folgenden Aufsatzes wurde bereits im Bd. XXII S. 611 dieser Annalen mitgetheilt. *P.*

Nun nehme man an, es falle statt des g
larisirtes Licht ein. Im Allgemeinen wird ni
geändert. Ist die Polarisationsebene senkr
Reflexionsebene, so besteht die einzige Ve
darin, dafs, wenn der Einfallswinkel dem
winkel gleich wird, die Gesammtheit des reflec
und mit ihr das ganze Ringsystem versch
Vergröfserung des Einfallswinkels aber wi
Licht reflectirt, und das Ringsystem mit sei
schwarzen Fleck wieder hergestellt. Es ist
gültig, ob man das Licht vor dem Einfall
oder zwischen den Linsen und dem Auge
rende Substanz, z. B. eine Turmalinplatte, an

Statt die Linse auf eine andere Linse od
von Glas zu legen, werde sie nun auf eine
tallplatte gebracht. Wendet man gemeine
an, so sind, wie vorher, Ringe sichtbar (
so dunkle); allein der Fleck in der Mitte
nicht ganz so grofs wie zuvor. Bei Verg
Einfallswinkels bis zu 90° breiten sich di
vorhin aus; allein der Fleck in der Mitte w
scheint, etwas kleiner (wenigstens im Vergle
welcher bei Auflegung der Linse auf eine
bildet wird). In diesem Falle ist also d
Charakter der Erscheinungen fast genau
vorhin.

Läfst man dagegen, während die Lin
polirten Metallfläche liegt, Licht auffallen,
vor oder *nach* der Incidenz senkrecht gegen
ebene polarisirt worden ist *), so erleiden

*) Diesen Satz, nämlich: dafs es gleichgültig sey, o
oder *nach* der Reflexion polarisirt worden ist, h
tig verificirt, weil ich glaube, dafs er zu wichtig
Schlüssen führt. Wäre die Polarisation eine
Lichts (wie Dr. Brewster und Andere angen
so liefse sich denken, dafs die Polarisation vor

ıungen eine merkwürdige Veränderung. Ist der Einfallswinkel klein, so erscheint der centrale Fleck dunkel, ıber nicht schwarz. Er bleibt dunkel und ändert seine Gröſse nicht merklich, wenn der Einfallswinkel sich dem Polarisationswinkel des Glases nähert. Die Ringe werden schwach (wobei indeſs der centrale dunkle Fleck, so lange er sichtbar ist, dieselbe Gröſse behält) und verschwinden *), sobald der Einfallswinkel dem Polarisationswinkel gleich wird. Vergröſsert man den Einfallswinkel weiter um eine sehr kleine Gröſse, so werden die Ringe wiederum und in ursprünglicher Gröſse sichtbar; allein der centrale Fleck ist nun *weiſs*, ohne seine Gröſse merklich geändert zu haben. Die Intensität und die Farbe der Ringe scheint in jeder Hinsicht complementar zu ihrer früheren Beschaffenheit zu seyn. Dieser Zustand dauert, mit sehr geringer Gröſsenänderung des centralen weiſsen Flecks, bis der Einfallswinkel 90° geworden ist.

Ist das Licht vor oder nach der Incidenz *in* der Reflexionsebene polarisirt, so findet keine solche Farbenveränderung statt. Die Gröſse des centralen Flecks wird geändert; allein bei allen Werthen des Einfallswinkels

Fähigkeit desselben, Ringe unter einem gewissen Winkel zu erzeugen, zerstörte, oder auch die Farben veränderte; allein wenn eine Reflexion stattfindet und die Ringe mit ihrem schwarzen Mittelpunkt zum Vorschein kommen, so scheint es undenkbar, daſs irgend eine *Modification* oder *physische Veränderung* des Lichts den Mittelpunkt weiſs erscheinen machen könne. Die genügende Erklärung ist: daſs die Polarisation eine *Zerlegung* der Schwingungen in zwei Reihen gegen einander rechtwinkliche Schwingungen sey, in solcher Weise vollzogen, daſs jede Reihe sich im Allgemeinen getrennt von der andern zeigen kann, und daſs in diesem Falle nur eine einzige zum Auge fortgepflanzt wird.

*) Diese einfache Thatsache (das Verschwinden der Ringe, während Licht in Fülle von dem Metalle reflectirt) ist, wenn es noch nöthig wäre, ein hinreichender Beweis, daſs die Ringe nur durch Interferenz erzeugt werden.

Digitized by Google

bleibt der centrale Fleck dunkler als der Ring, der ihn unmittelbar umschliefst.

Läfst man gemeines Licht unter einem gröfseren Winkel, als der Polarisationswinkel ist, einfallen, und hält eine Turmalinplatte zwischen dem Glase und dem Auge die Axe des Turmalins in der Reflexionsebene, so ist der centrale Fleck schwarz. Dreht man diese Axe rechts oder links, so vergröfsert sich der dunkle Fleck, und in seiner Mitte erscheint ein weifser Fleck, dessen Durchmesser sein Maximum erreicht, sobald die Axe des Turmalins senkrecht gegen die Reflexionsebene zu stehen kommt. Dreht man weiter, so zieht sich der weifse Fleck zusammen und verschwindet, dabei wird der schwarze Fleck kleiner, bis die Turmalinaxe wiederum in der Reflexionsebene anlangt.

Die zu diesen Versuchen benutzte Metallplatte war ein teleskopischer Spiegel mit mäfsig glänzender Fläche. Zur Vermeidung aller Fehlerquellen, die aus einem unvollständigen Contact der Linse und des Metalls hätten entspringen können, wurde ein breiter, flacher Ring von dickem gewalzten Blei auf die Linse gelegt, und zuweilen noch mit einem, auf seinem Umfange vertheilten Gewicht von etwa sechs Pfund belastet. Die erwähnten Veränderungen hatten daher nichts gemein mit den aus einem unvollständigen Contact entspringenden Farbenveränderungen des centralen Flecks, und eben so wenig mit dem Uebergange aus Schwarz in Weifs, welchen Herschel bei einigen seiner Versuche (*Phil. Transact.* 1807 und 1809) hervorbrachte. Der letztere war nur eine, durch eine Art von Taschenspielerstreich bewirkte Vertauschung der Ringe des durchgelassenen Lichts gegen die vom reflectirten Licht.

Die Erklärung dieser Erscheinung findet sich in dem Ausdruck für die Intensität der durch Interferenz zweier reflectirten Lichtbündel erzeugten Ringe, mittelst der durch Fresnel's Formeln*) ausgedrückten Menge des reflectir-

*) Vergl. diese Annalen, Bd. XXII S. 98. *P.*

Digitized by Google

ten Lichts. Ist ι der Einfallswinkel innerhalb Glas und ι' der entsprechende Brechungswinkel, ist ferner das Licht senkrecht gegen die Reflexionsebenen polarisirt (d. h. geschehen die Schwingungen der Aetherteilchen gänzlich in der Reflexionsebene) und die Gröfse der Verschiebungen bei den Schwingungen vor der Incidenz durch

$$a \,.\, sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$$

vorgestellt *), dann wird der Werth dieser Gröfse in den Schwingungen nach der Reflexion von der zweiten Fläche des Glases seyn:

$$a \,.\, \frac{tang\,(\iota - \iota')}{tang\,(\iota + \iota')} \,.\, sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x).$$

Dieser Lichtbündel interferirt mit dem von dem Metallspiegel reflectirten, hinsichtlich dessen der Ausdruck für die Verschiebung ist:

$$a \,.\, A \,.\, sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x' - B).$$

In dieser Formel weicht x' von x durch den Unterschied im Gange beider Strahlen ab, oder vielmehr durch den diesem Unterschied entsprechenden Raum in der Luft, welcher, wenn T die Dicke der Luftschicht bezeichnet, ist $2\,T cos\,\iota'$. So ist dann die Verschiebung bei der Reflexion von dem Metall:

$$a \,.\, A \,.\, sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x - 2\,T cos\,\iota' - B),$$

wo A und B wahrscheinlich Functionen von ι' von noch unbekannter Form sind. Man kann indefs behaupten, dafs, für kleine Werthe von ι', A positiv und B nicht grofs sey (denn sonst würde, wie aus den folgenden Ausdrücken ersichtlich ist, ein weifser Fleck in der Mitte vorhanden seyn), und die, ausgenommen beim Polarisationswinkel, allmälige Veränderung der Erscheinungen macht es wahrscheinlich, dafs B immer klein sey. In jeder Hinsicht ist nicht der geringste Grund da zu glauben, dafs A und B, die nur von den Eigenschaften

*) Vergl. diese Annalen, Bd. XXIII S. 216. *P.*

des Metalls abhängen, irgend eine plötzlich
rung gerade bei dem Polarisationswinkel d
leiden.

Nun ist die eigenthümliche Erscheinung,
Hauptgegenstand dieses Aufsatzes ausmacht,
klärt. Der centrale Fleck, wo $T=0$ ist,
gebracht durch die Zusammensetzung der
schiebungen:

$$a \cdot \frac{tang(\iota-\iota')}{tang(\iota+\iota')} \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$$

und ($B=0$ betrachtet):

$$a \cdot A \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x).$$

Da ι' gröfser ist als ι, so ist der erste
drücke für kleine Werthe von ι negativ, u
tere ist positiv. Es zerstören sich also die
gen entweder theilweis oder gänzlich, und
punkt ist dunkel. Da aber beim Polarisa
gemäfs dem Brewster'schen Gesetze, $\iota+\iota$
dan $tang(\iota+\iota')$ unendlich ist, so verschwind
Ausdruck, und es kommt nur das von dem M
tirte Licht in's Auge, ohne Beimischung eines an
Jenseits des Polarisationswinkels ist $\iota+\iota'>$
$tang(\iota+\iota')$ negativ und $a\frac{tang(\iota-\iota')}{tang(\iota+\iota')}$ positiv.
Verschiebungen haben gleiches Zeichen und
also, folglich ist der centrale Fleck hell.

Um deutlich zu zeigen, dafs der Charakte
sich gleichzeitig mit dem des centralen Fleck
müsse, wird es am besten seyn, den allge
druck zu nehmen. Wir haben zu addiren:

$$a \cdot \frac{tang(\iota-\iota')}{tang(\iota+\iota')} \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$$

und:

$$a \cdot A \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x-2T\cos\iota'-B$$

Die Summe ist:

$$\left\{\frac{tang\,(\iota-\iota')}{tang\,(\iota+\iota')}+A\cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}(2\,T\cos\iota'+B)\right]\right\}\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$$
$$-\,a\,A\,.\sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(2\,T\cos\iota'+B)\right]\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$$

Bringt man diese unter die Form:

$$P\,.\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x-Q),$$

so erhellt leicht, dafs:

$$P^2=a^2\left\{\frac{tang\,(\iota-\iota')}{tang\,(\iota+\iota')}+A\cos\frac{2\pi}{\lambda}(2\,T\cos\iota'+B)\right\}^2$$
$$+\,a^2A^2\sin^2\frac{2\pi}{\lambda}(2\,T\cos\iota'+B)$$

$$=a^2\left\{\frac{tg^2\,(\iota-\iota')}{tg^2\,(\iota+\iota')}\right.$$
$$\left.+A^2+2A\,.\cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}(2\,T\cos\iota'+B)\right]\,.\,\frac{tang\,(\iota-\iota')}{tang\,(\iota+\iota')}\right\}.$$

Nun stellt P^2 die Lichtintensität in der Mischung vor, folglich wird die letzte Formel diese Intensität oder die Intensität des in's Auge gelangenden Lichtes ausdrükken. Da $\iota<\iota'$, so ist leicht ersichtlich, dafs wenn ι und ι' klein sind, diese Intensität ein *Minimum* wird. sobald

$$2\,T\cos\iota'+B=0,\ \text{oder}\ =2\lambda\ \text{u. s. w.}$$

und ein *Maximum*, sobald

$$2\,T\cos\iota'+B=\frac{\lambda}{2},\ \text{oder}=\frac{3\lambda}{2},\ \text{u. s. w.}$$

und dafs diefs so lange gilt, bis $\iota+\iota'=90^\circ$. Sobald aber $\iota+\iota'$ gröfser als 90° wird, ist der Ausdruck ein *Maximum*, wenn:

$$2\,T\cos\iota'+B=0,\ \text{oder}\ =\lambda,\ \text{oder}\ =2\lambda\ \text{u. s. w.}$$

und ein *Minimum*, wenn:

$$2\,T\cos\iota'+B=\frac{\lambda}{2},\ \text{oder}\ =\frac{3\lambda}{2}\ \text{u. s. w.}$$

Wenn B klein ist, stellt der erste dieser Fälle ähnliche Ringe, wie die reflectirten Ringe Newton's vor, und der zweite ähnliche Ringe, wie dessen durchgelassene Ringe.

Ist das Licht parallel der Reflexionsebene polarisirt, so wird der Ausdruck für die Verschiebung in dem von der unteren Glasfläche reflectirten Licht $= a \, . \, \frac{\sin(\iota - \iota')}{\sin(\iota + \iota')}$, welcher sein Zeichen nicht wie der frühere verändert: und eine ähnliche Schlufsfolge zeigt, dafs der Charakter der Ringe, welche das so polarisirte Licht erzeugt, nicht plötzlich verändert wird.

Ist das Licht nach einer Ebene polarisirt, die den Winkel α mit der Reflexionsebene macht, so müssen wir es ansehen, als bestehend aus zweierlei Schwingungen, einer senkrecht und einer parallel gegen jene Ebene, die in dem Verhältnifs $\cos\alpha : \sin\alpha$ stehen Die ursprüngliche Schwingung senkrecht gegen diese Ebene wird nun:

$$a \, . \cos\alpha \, . \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$$

und die parallel mit dieser Ebene:

$$a \, . \sin\alpha \, . \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$$

Die Intensitäten der reflectirten Lichtbündel finden sich dann für das in der Reflectionsebene polarisirte Licht:

$$a^2 \cos^2\alpha \left\{ \frac{\sin^2(\iota - \iota')}{\sin^2(\iota + \iota')} + A'^2 + 2A' \, . \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}(2T\cos\iota' + B')\right] \frac{\sin(\iota - \iota')}{\sin(\iota + \iota')} \right\}$$

(worin A' und B' ähnliche Gröfsen wie A und B sind, und wahrscheinlich A' immer positiv und B' nicht sehr grofs ist)

für das senkrecht gegen die Reflexionsebene polarisirte Licht:

$$a^2 \sin^2\alpha \left\{ \frac{\tan^2(\iota - \iota')}{\tan^2(\iota + \iota')} + A^2 + 2A \, . \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}(2T\cos\iota' + B)\right] \frac{\tan(\iota - \iota')}{\tan(\iota + \iota')} \right\}.$$

Die Intensität des zusammengesetzten Lichtes, das in's Auge gelangt, ist durch die Summe dieser beiden

Gröfsen gegeben. Der Werth von T, welcher der Mitte eines hellen oder dunkeln Ringes entspricht, wird dadurch bestimmt, dafs man die Summe zu einem Maximum oder Minimum in Bezug auf die Variation von T macht. Diefs giebt:

$$tang\,\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos\iota'+\frac{B+B'}{2}\right)$$
$$=\frac{A'\cos^2\alpha.\cos(\iota-\iota')-A\sin^2\alpha.\cos(\iota+\iota')}{A'\cos^2\alpha.\cos(\iota-\iota')+A\sin^2\alpha.\cos(\iota+\iota')}.tg\frac{\pi}{\lambda}(B-B')$$

Ist $tang\frac{\pi}{\lambda}(B-B')$ positiv, und $\cos(\iota-\iota')$ negativ, so wächst, wenn α von 0 bis 90 vergröfsert wird, der Werth von $tang\,\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos\iota'+\frac{B+B'}{2}\right)$ bis in's Unendliche, wird dann negativ und nimmt ab, d. h. es wächst $\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos\iota'+\frac{B+B'}{2}\right)$, und deshalb wächst auch der Durchmesser des Ringes. Vergröfsert man α von 90° bis 180°, so findet die umgekehrte Veränderung statt. Hiedurch wird die beobachtete Thatsache genau vorgestellt, und mithin bewiesen, dafs $B>B'$ ist *), eine Folgerung von einiger Wichtigkeit, indem sie zeigt, dafs geradlinig polarisirtes Licht durch Reflexion von einer Metallfläche elliptisch polarisirt wird, und dadurch diese Erscheinungen mit denen einer ganz anderen Art, welche Dr. Brewster entdeckt hat, in Verbindung setzt. Es erhellt daraus, dafs die in der Reflexionsebene liegenden Vibrationsphasen mehr verzögert werden, als die in darauf senkrechter Ebene.

Ist $\cos(\iota+\iota')$ positiv, d. h. ist der Einfallswinkel

*) Wäre $B<B'$, so würden die Ringe sich zusammenziehen, statt ausdehnen, und wäre $B=B'$, so würden die Ringe ihre Durchmesser nicht ändern, allein ihre Intensität würde bis 0 abnehmen, wenn $tang\,\alpha=-\frac{A'}{A}\,\frac{\cos(\iota-\iota')}{\cos(\iota+\iota')}$, und Ringe entgegengesetzter Art würden auftreten.

kleiner als der Polarisationswinkel, so sieht man, dafs bei Vergröfserung von α die Durchmesser der Ringe abnehmen müssen. Allein es ist auch leicht ersichtlich, dafs die Veränderung viel kleiner seyn mufs als im vorhergehenden Fall. Denn wenn im vorhergehenden Fall ein Werth von $\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos i' + \frac{B+B'}{2}\right)$ ist $n\pi+\beta$, für den Werth $\alpha=0$, so geht, wenn man α bis 90° vergröfsert, $\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos i' + \frac{B+B'}{2}\right)$ durch $n\pi+90°$ in $n\pi+180°-\beta$ über, und die gesammte Veränderung ist daher $180-2\beta$. Im letzteren Falle aber geht $\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos i' + \frac{B+B'}{2}\right)$ von $n\pi+\beta$ durch $n\pi$ in $n\pi-\beta$ über, und die gesammte Veränderung ist demnach 2β, also genau suplementar zu der vorhergehenden Gesammtveränderung. Nun ist bei den zwischen zwei Linsen gebildeten Newton'schen Ringen $\beta=0$. Aus der allgemeinen Aehnlichkeit der Ringe, welche, wenn $\alpha=0$ ist, von einem Metallspiegel gebildet werden, geht mit Gewifsheit hervor, dafs β klein ist. Obgleich also in dem vorhergehenden Fall die Ausbreitung der Ringe, welche von dem Anwuchs von $\frac{2\pi}{\lambda}\left(2\,T\cos i' + \frac{B+B'}{2}\right)$ um $180-2\beta$ abhängt, beträchtlich ist, so ist doch im letzteren Fall die Zusammenziehung, welche von der Abnahme 2β abhängt, klein. Ich habe diesen Satz dem Versuch unterworfen, bin aber nicht im Stande gewesen, irgend eine Veränderung in der Gröfse der Ringe mit Sicherheit aufzufinden.

Das Raisonnement, wodurch der in diesem Aufsatz beschriebene Hauptversuch anticipirt wurde, läfst sich vermuthlich auf viele ähnliche Fälle anwenden. Der folgende bietet ein sehr merkwürdiges Beispiel dar. Wird eine Linse aus einer schwach brechenden Substanz auf eine Platte aus einer stark brechenden Substanz gelegt, oder umgekehrt, und dann ein senkrecht gegen die Ein-

fallsebene polarisirtes Licht auf beide geleitet, so vermuthe ich, dafs der centrale Fleck dunkel seyn werde, so lange der Einfallswinkel kleiner ist als der Polarisationswinkel der schwach brechenden Substanz, dafs ferner der centrale Fleck hell seyn werde, so lange der Einfallswinkel gröfser ist als der Polarisationswinkel jener Substanz, und kleiner als der der anderen, und dafs endlich der centrale Fleck wiederum dunkel seyn werde, sobald der Einfallswinkel gröfser ist als der Polarisationswinkel der stark brechenden Substanz. Bis jetzt habe ich mir noch keine zur Bewahrheitung dieser Folgerung geeignete Substanzen verschafft.

Zusatz des Herausgebers. Wir dürfen wohl nicht besorgen, das Verdienst des eben geschlossenen Aufsatzes herabzusetzen, wenn wir hier bemerken, dafs unserer Meinung nach ein Theil der vorhin aus einander gesetzten Erscheinung bereits von Hrn. Arago in seiner Abhandlung: *Sur les couleurs des Lames minces* (*Mém. d'Arcueil, T. III p.* 323) beschrieben worden ist, obgleich der damalige Zustand der Wissenschaft noch keine einigermafsen erträgliche Erklärung aufzustellen erlaubte. Auch scheint uns, als enthalte die Arbeit des Hrn. Arago noch einige andere nicht unwichtige, verfolgenswerthe Thatsachen, und einzig aus dieser Ursache erlauben wir uns, den hierauf bezüglichen Theil ihres Inhalts hieher zusetzen.

Legt man eine Glaslinse auf einen Metallspiegel *) und betrachtet die Farbenringe, welche den Berührungs-

*) Die Anwendung eines Metallspiegels zur Hervorbringung der Newton'schen Ringe entlehnte Hr. Arago von Herschel dem Vater (*Philos. Transact. f.* 1807); sie soll übrigens schon in einer i. J. 1788 zu Paris erschienenen Sammlung optischer Abhandlungen zu finden seyn.

Digitized by Google

punkt umgeben, mittelst eines Kalkspath-Rhomboëders, so erblickt man von der senkrechten Incidenz bis zu einem Winkel von 35° mit der Fläche zwei Bilder, die, bis auf die Intensität, sich ganz ähnlich sind. Eins von ihnen verschwindet vollkommen unter dem Winkel 35°, sobald der Hauptschnitt des Krystalls parallel oder senkrecht gegen die Reflexionsebene steht, zeigt sich aber von Neuem bei kleineren Einfallswinkeln, jedoch mit der merkwürdigen Eigenthümlichkeit, dafs die Farbe jedes seiner Ringe complementar ist zu der Farbe des entsprechenden Ringes in dem nicht verschwunden gewesenen Bilde. Berührt die Linse den Spiegel sehr innig, so ist der gemeinschaftliche Mittelpunkt der Ringe für das blofse Auge schwärzlich. Bedient man sich aber eines Krystalls, so theilt sich dieser Fleck zwischen beiden Bildern, so dafs das ordentliche z. B. in der Mitte einen *schwarzen* Fleck, umgeben von einem *weifsen* Ring, besitzt, und das aufserordentliche Bild dagegen in den analogen Theilen einen *weifsen* Fleck mit einem *schwarzen* Ring umher darbietet.

Wenn für das blofse Auge und für eine weit geringere Annäherung der Linse an den Spiegel der centrale Fleck der Ringe roth ist, so wird er durch den Kalkspath in zwei Flecke zerlegt, einen rothen und einen grünen; und so für alle übrigen Theile der Ringe, welche Farbe sie auch ursprünglich haben mögen. Man sieht daraus, dafs die Strahlen, welche die Ringe zwischen einer Glaslinse und einem Metallspiegel bilden, bei senkrechter Incidenz alle Kennzeichen des gemeinen Lichts besitzen, weil sie immer zwei Bilder von gleicher Stärke liefern; dafs sie unter dem Winkel 35° polarisirt werden, wie wenn die untere Fläche von Glas wäre; und dafs sie unter noch kleineren Einfallswinkeln eine eigenthümliche Abänderung erleiden, durch welche sie sich sowohl vom polarisirten als vom gemeinen Lichte unterscheiden, denn beim Durchgange durch ein Kalkspath-

Digitized by Google

Rhomboëder zerlegen sie sich in zwei unähnliche Bilder. Uebrigens ist es an sich klar, dafs bei jeder Viertel-Umdrehung des Kalkspaths die Strahlen des ordentlichen Bündels in den aufserordentlichen Bündel übergehen, und umgekehrt, so dafs die Bilder einen vollständigen Austausch ihrer Farben erleiden.

Da die unähnlichen Bilder, welche das Rhomboëder in dem obigen Versuch liefert, aus Ringen mit complementaren Farben bestehen, so war es natürlich nachzusehen, ob die Ringe gleichen Ranges in beiden Bildern auch gleiche Durchmesser besitzen. Ausgehend von der Bemerkung, welche ich so eben über den bei Drehung des Kalkspaths stattfindenden Lichtaustausch zwischen beiden Bildern machte, läfst sich indefs leicht erweisen, dafs diese Gleichheit nicht vorhanden ist *). Da nämlich der

*) Mit blofsem Auge und ohne Hülfe irgend eines Krystalls ist es bei einiger Achtsamkeit leicht zu bemerken, dafs wenn man einen gewissen Winkel, der sich nicht weit von 35° entfernen darf, überschritten hat, die zwischen der Glaslinse und dem Metallspiegel sich bildenden Ringe aus zwei verschiedenen Reihen von ungleichen Durchmessern bestehen. Gesetzt z. B. die Linse und der Spiegel seyen stark gegen einander geprefst, so dafs, bei senkrechter Incidenz, der gemeinschaftliche Mittelpunkt schwarz erscheint; in dem Maafse nun, als man den Winkel des Gesichtsstrahls mit der Fläche verringert, wird der centrale Fleck allmälig gröfser, und um eine kleine Gröfse, so gut wie die ihn umgebenden Ringe. Gelangt man zum Winkel der vollständigen Polarisation, so vergröfsern sich plötzlich die Dimensionen des Flecks, es treten mit einem Male neue Ringe zu den bis dahin sichtbaren hinzu, und greifen mehr oder weniger über sie. Bei dieser unvollkommenen Uebereinanderlage ihrer Bahnen ist es gemeiniglich ziemlich schwierig, die Folgereihe ihrer Farben zu bestimmen, während man im Gegentheil sehr leicht bemerken kann, dafs der zu dem centralen Fleck hinzugetretene Ring dunkler als dieser ist. Ueber einen gewissen Punkt hinaus erscheint der totale Fleck, wenn auch nicht ganz weifs in der Mitte, doch wenigstens sehr merklich heller, so dafs in diesem Falle der Punkt, wo die dünne Luftschicht die kleinste Lichtmenge zu reflectiren scheint, bei weiten nicht an dem Orte ihrer geringsten

Digitized by Google

Uebergang der Strahlen eines Bündels in den andern bei der Drehung des Kalkspaths nur allmälig geschieht, so ist klar, dafs ein Zeitpunkt eintreten müfste, wo das eine Bild durch die von dem complementaren Bilde herübergekommene Lichtmenge vollkommen neutralisirt würde, wie auch beider ursprüngliche Intensität beschaffen seyn mochte; dagegen sieht man aber in Wirklichkeit beständig beide. Wenn eins dieser Ringsysteme mit dem verglichen werden kann, welches man durch Reflexion ringsum den Berührungspunkt zweier gehörig an einander gedrückten Glaslinsen sieht, so müfste das andere mit dem von diesen Linsen durchgelassenen Ringsystem vergleichbar seyn. Die Aehnlichkeit ist jedoch nur dann vollständig, wenn man im letzteren Fall eine etwas andere Annäherung zwischen den Linsen annimmt, als die ist, welche im ersten das reflectirte Ringsystem erzeugte.

Zu den obigen Versuchen wurden vollkommen polirte Spiegel, sowohl von Stahl als von Spiegelcomposition, angewandt; indefs ist eine geringe Mattigkeit der Metallfläche kein Hindernifs für die Bildung der Ringe, vielmehr kann man dabei nach Belieben, und ohne die Neigung des Gesichtstrahls zu ändern, beide Reihen deutlich wahrnehmen. Die erstere wird durch das regelmäfsig reflectirte Licht erzeugt, und ähnelt der, welche man bei vollkommener Politur des Spiegels erblickt; die andere, schwächere, wird nur sichtbar, wenn man mit einem Schirme das in der Reflexionsebene enthaltene Licht auffängt, denn die dieselbe bildenden Strahlen gelangen seitwärts zu dem unteren Spiegel, von dem sie, der Hypothese nach, durch die kleinen Facetten, mit denen er

Dicke liegt. Das Kalkspath-Rhomboëder trennt diese beiden verschiedenen Ringsysteme wegen ihrer sehr ungleichen Polarisation gröfstentheils von einander, und liefert dadurch ein Mittel, beide für sich zu beobachten und zu erkennen, dafs die Zonen, aus denen sie bestehen, sowohl in Farbe als im Durchmesser, von einander abweichen.

Digitized by Google

bedeckt ist, in's Auge geworfen werden. Diese beiden Bilder haben übrigens complementare Farben, was hinreichend zeigt, dafs sie nicht auf gleiche Weise gebildet wurden. Nun werden diese beiden neuen Ringsysteme, wie die vorhergehenden, unter dem Winkel 35° polarisirt, gerade wie wenn die beiden Seiten der dünnen Luftschicht von einem Glasspiegel berührt würde. Wollte man demnach in Strenge annehmen, dafs die ersteren Ringe sich an der oberen Fläche der Schicht bilden, so bleibt doch zu erklären, weshalb die andern, welche von dem Metallspiegel auszugehen scheinen, unter demselben Winkel polarisirt werden, was nach dem Emissionssystem nicht leicht erklärbar ist. Unter kleinerem Winkel, als der Polarisationswinkel, zerlegt das Rhomboëder auch diese neuen Ringe in zwei unähnliche und *fast* complementare Bilder, ich sage *fast complementare*, weil, ungeachtet die Ringe gleichen Ranges in beiden Bildern für das blofse Auge einander zu entsprechen scheinen, doch durch die vorhin angewandte Methode leicht zu ersehen ist, dafs ihre Durchmesser nicht ganz gleich sind, denn wenn es der Fall wäre, würde bei einer vollständigen Umdrehung des Kalkspaths jedes Bild zweimal verschwinden.

Man kann auch die erwähnten beiden Ringsysteme ohne Hülfe eines matten Spiegels bilden; es braucht dazu nur der untere Spiegel eine eigene Farbe zu haben. Die Silberstücke der französischen Münze erfüllen z. B. diesen Zweck vollkommen. Wie wenig sie auch polirt seyn mögen, so zeigen sie doch in allen Richtungen einen sehr merklichen graulichen Farbenton. Dieses secundäre Licht bewirkt bei seiner Zersetzung in der Luftschicht, welche zwischen einen solchen Metallspiegel und eine Glaslinse eingeschlossen ist, Ringe, die, wie man auch das Auge stellt in Bezug auf den einfallenden Lichtbündel, gleich gut sichtbar sind, und mit Farben complementar zu denen, welche man auf dem vom regelmäfsig reflectirten Licht gebildeten Ringe sieht; diese Ringe werden ferner genau

Digitized by Google

unter demselben Winkel polarisirt, und zerfallen, bei sehr kleinen Einfallswinkeln, in einem zweckmäfsig gehaltenen Kalkspath-Rhomboëder in zwei unähnliche Bilder. Bis auf diesen Umstand zeigen die weit glänzenderen Ringe, welche sich unter denselben Umständen durch das einem Porcellanspiegel eigenthümliche Licht bilden, gleiche Erscheinungen.

Es blieb noch zu untersuchen, ob alleinig Metallspiegel im Stande seyen, den Lichtstrahlen der Ringe die Fähigkeit zu ertheilen, unter gewissen Umständen in zwei unähnliche Bilder zu zerfallen, und von welcher Eigenschaft der Metalle diefs merkwürdige Vermögen abhange. Zu dem Ende nahm ich statt des unteren Spiegels im vorhergehenden Apparat Spiegel aus solchen Substanzen, die sich ihrer Undurchsichtigkeit wegen am meisten den Metallen zu nähern schienen, d. h. ich bildete dadurch Ringe, dafs ich eine Glaslinse auf polirte Platten von Steinkohle, Anthracit, Gagat u. s. w. setzte. In allen diesen Fällen und unter allen Neigungen, waren aber die vom Rhomboëder gelieferten Bilder, bis auf die Intensität, einander vollkommen ähnlich, in Farbe wie in Gröfse, oder wichen nur sehr wenig von einander ab. Da demnach die Undurchsichtigkeit des unteren Spiegels nicht die unmittelbare Ursache der Erscheinung war, so mufste man sich natürlich denken, dafs die grofse Brechkraft desselben daran Antheil habe. Um diese Vermuthung zu prüfen, versuchte ich mehrere polirte Bruchstücke von natürlichem Schwefel, Diamant u. s. w.; allein die von diesen Körpern gebildeten Ringe zeigten die Farbenumkehrung nicht, oder wenigstens nicht auf eine merkliche Weise, wie grofs auch die Neigung seyn mochte. Man mufs indefs zugeben, dafs diese Versuche nicht als entscheidend betrachtet werden können, da die lichtbrechende Kraft der Metalle weit gröfser als die des Schwefels und Diamants seyn mufs. Auf Metalloxyden unterscheidet man kaum einige Spuren von Unähnlichkeit zwi-

schen den beiden Bildern, welche das Kalkspath-Rhomboëder von den Ringen giebt, selbst wenn der einfallende Strahl nur an der oberen Fläche der Linse vorüberstreicht.

Wiewohl die Gegenwart eines Metallspiegels für die besagte Erscheinung nöthig ist, sobald die Ringe sich an einer Luftschicht bilden, so ist es doch nicht der Fall, sobald der dünne Körper eine gröfsere Dichtigkeit besitzt und mit einer seiner Seiten an ein anderes ziemlich lichtbrechendes Mittel anstöfst. So zeigt die Steinkohle auf ihren Brüchen, durch eine ungemein dünne Substanz erzeugt, oft sehr lebhafte Farben, welche sich, wenn man sie unter hinlänglich schiefen Neigungen mit einem Kalkspath-Rhomboëder untersucht, in zwei complementare Bilder zersetzen *). Die Farben, welche sich nach Aufgiefsung von Alkohol oder Sassafrasöl auf Kohle oder eine ähnliche Substanz bei fortschreitender Verdampfung erzeugen, geben auch zwei unähnliche Bilder von entgegengesetzten Farben.

*) Bei Anwendung derselben Methoden auf die Beobachtung der Farben, welche an den Oberflächen einiger Krystalle, wie Eisenglanz, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w. entstehen, erblickt man Farbenwandlung ohne vollständige Polarisation. [Aehnliche Beobachtungen, namentlich, dafs indigfarben angelaufener Stahl bei Betrachtung durch ein Kalkspathprisma, unter einem Einfallswinkel von 55° bis 60°, das weniger gebrochene Bild von rother, das stärker gebrochene aber von der ursprünglichen blauen Farbe gebe, sind bekanntlich schon von Brewster in seinen *Treatise on new philos. Instruments* (1813), *p.* 344, beschrieben, und neuerlich von Nobili in etwas anderer Form wieder aufgefrischt worden (siehe diese Ann. Bd. XXII S. 614). Die Farben, welche Letzterer an den im Kreise der Volta'schen Säule angelaufenen Metallscheiben beobachtet hat, bieten sehr interessante Erscheinungen dar, die ein namhafter Physiker zum Gegenstande einer näheren Untersuchung erwählt hat, und, wie wir hoffen, in kurzer Zeit bekannt machen wird. *P.*]

IV. *Ueber einen neuen Lichtzerleger und seinen Gebrauch bei Polarisationsversuchen; von G. B. Airy.*

(Aus gleicher Quelle wie der vorhergehende Aufsatz.)

Bei zwei Gelegenheiten hatte ich das Glück, dieser Gesellschaft (der physikalischen in Cambridge) auf den Grund von theoretischen Betrachtungen Ansichten über optische Erscheinungen vorzulegen, die sich vollständig durch die Erfahrung bestätigten. Diese Bestätigung halte ich für wichtig, nicht weil die Erscheinungen an sich von grofsem Werthe sind, sondern weil die genaue Uebereinstimmung der beobachteten Thatsachen mit den theoretischen Betrachtungen den strengst möglichen Beweis von der Richtigkeit der Theorie abgeben. Gegenwärtig habe ich ein anderes Beispiel derselben Art darzubieten, wo der Versuch alleinig durch theoretische Betrachtungen an die Hand gegeben wurde, und wo die Erscheinungen, so weit ich sehe, vollkommen mit den von der Theorie angezeigten übereinstimmen. Gleich den übrigen scheint es mir einen strengen Beweis von der Richtigkeit aller Grundvoraussetzungen der Fresnel'schen Theorie zu liefern.

Auf den Versuch gerieth ich zuerst durch ganz allgemeine Betrachtungen über den Nutzen der Zerlegungsplatte bei dem gewöhnlichen Polarisationsapparat. Wenn (geradlinig, circular oder elliptisch) polarisirtes Licht durch eine Krystallplatte gegangen ist, so hat es, sowohl nach der Theorie wie nach der Erfahrung, dieselbe Intensität wie vor seinem Eintritt. Der Nutzen der Zerlegungsplatte besteht darin, dafs sie das ausfahrende Licht, gemäfs einem gewissen allgemeinen Gesetze, in zwei Theile zerfällt, von denen der eine Theil gänzlich zurückgehalten, der

andere aber (oder wenigstens ein bestimmter Theil von ihm) völlig in das Auge reflectirt wird. Da die Krystallplatte das Licht beim Einfallen in zwei Theile zerlegt hat, welche es beim Austritt mit verschiedenen, von der Richtung des Durchgangs abhängigen Graden von Verzögerung wieder vereinigt, so ist die Natur des ausfahrenden Lichts verschieden, gemäfs der Richtung seines Einfallens, oder, was gleich ist, gemäfs der Richtung seines Ausfahrens, und wenn es nach dem oben erwähnten allgemeinen Gesetz zerlegt wird, so ist das Verhältnifs des reflectirten Lichts verschieden nach jener Richtung. Daher die verschiedenen Lichtintensitäten in den einzelnen Theilen des Bildes, welches man in dem gewöhnlichen Apparate sieht. Diefs kann als die allgemeine Erklärung des Nutzens eines Zerlegers (darunter sowohl die gewöhnliche Zerlegungsplatte, als ähnliche wie die weiterhin beschriebenen Combinationen verstanden) angesehen werden.

Bei der gewöhnlichen Zerlegungsplatte (einer unbelegten Glasplatte unter dem Polarisationswinkel, oder einer Turmalinplatte, oder einem doppelbrechenden Prisma in Bezug auf einen der Lichtbündel) wird das ausfahrende Licht (gemäfs der Fresnel'schen Theorie) in zwei Züge von Schwingungen zerlegt, von denen der eine parallel und der andere senkrecht gegen die Polarisationsebene der Zerlegungsplatte ist; der erstere wird völlig unterdrückt, der letztere aber gänzlich zum Auge durchgelassen. Diefs ist meines Wissens die einzige Zerlegungsart, welche Experimentatoren und Theoretiker bisher betrachtet haben. Nichts nöthigt uns indefs bei dieser Zerlegungsweise stehen zu bleiben. Es giebt andere, theoretisch eben so einfache und practisch eben so leicht ausführbare Methoden, welche eine ganz andere Art von Zerlegung bewirken. Als die erste unter diesen will ich nur erwähnen, dafs eine Zerlegung leicht denkbar und theoretisch zu behandeln ist, wobei das von ir-

gend einem Punkt des Krystalls ausfahrende Licht in zwei circular polarisirte Bündel, einen rechtsgewundenen und einen linksgewundenen, getheilt wird. Um die Wirkungen derselben practisch zu zeigen, ist es nur nöthig einen Zerleger zu ersinnen, welcher das rechtsgewundene Circular-Licht gänzlich unterdrückt, und das linksgewundene gänzlich durchläfst, oder umgekehrt. Eine allgemeinere Zerlegung ist die in zwei elliptisch-polarisirte Bündel, einen rechts- und einen linksgewundenen, beide von gleichem Verhältnisse in den Axen der Ellipse, aber einer mit seiner grofsen Axe in der Richtung der kleinen Axe des andern liegend. Ich kann nicht sagen, ob irgend eine andere Zerlegung practisch gefunden werde oder nicht.

Nun denke man sich, der Zerleger sey von der zuerst genannten neuen Art, vermöge nämlich rechtsgewundenes Circular-Licht gänzlich zurückzuhalten und linksgewundenes Circular-Licht gänzlich durchzulassen, oder umgekehrt. Den Fall des Einfallens von linear polarisirtem Lichte auf die Krystallplatte werde ich nicht untersuchen, weil die Erscheinungen (sowohl der Theorie als der Erfahrung nach) fast genau dieselben sind, wie wenn circular polarisirtes Licht auf den Krystall einfiele, und das ausfahrende Licht mit der gewöhnlichen Zerlegungsplatte analysirt würde, welchen Fall ich in früheren Abhandlungen *) ausführlich behandelt habe. Allein betrachten wir den Fall, dafs circular polarisirtes Licht auf den Krystall einfalle, und nach dem Ausfahren mit unserem Zerleger analysirt werde. Die erste Idee, die sich bei dieser Combination aufdrängt, ist: dafs es hier nirgends, ausgenommen in dem Krystall, eine Beziehung zu Seiten giebt. Denn das einfallende wie das ausfahrende Licht ist circular polarisirt. Die Farbenringe und übrigen Erscheinungen müssen daher keine Spur von Polarisations-

*) Siehe diese Annalen, Bd. XXIII S. 226.

Digitized by Google

ebene darbieten, und sich auch nicht bei Drehung des Krystalls oder des Zerlegers verändern können.

Bei der gewöhnlichen Darstellung der Farbenringe (wobei nämlich das einfallende Licht linear polarisirt ist, der Zerleger aus einer gewöhnlichen Zerlegungsplatte besteht, und die Polarisationsebenen beliebig unter einander neigen) liegt die Hauptspur der Polarisationsebenen in den unfarbigen Büscheln. Bei einaxigen Krystallen bilden sie einen achtstrahligen Stern, bestehend aus zwei rechtwinkligen Kreuzen, die unter gleichen Winkeln wie die Polarisationsebenen zu einander neigen, und von denen jeder Strahl complementäre Ringe abschneidet. Bei zweiaxigen Krystallen bestehen sie aus zwei Paaren rechtwinkliger Hyperbeln, deren Asymptoten gleiche Winkel mit einander machen, wie die Polarisationsebenen und deren Zweige complementäre Ringe abschneiden. Die beiden Kreuze oder die beiden Hyperbelpaare vereinigen sich, wenn die Polarisationsebenen parallel oder senkrecht zu einander werden. Der erste Schlufs ist dann: dafs in dem in Rede stehenden Falle die in den Krystallen sichtbaren Ringe von keinen Büscheln durchkreuzt werden. Kalkspathplatten, wenn sie überhaupt irgend eine Veränderung des Lichtes darbieten, werden kreisrunde Ringe ohne Kreuz zeigen, und Platten von zweiaxigen Krystallen werden vollständige Lemniscaten, ohne Unterbrechung durch krummlinige Büschel, zeigen.

Der nächste Schlufs ist: dafs die Helligkeit an den Polen des Bildes nur davon abhangen wird, ob das auf den Krystall einfallende circular polarisirte Licht gleiche Richtung habe oder nicht mit dem Licht, welches der Zerleger zu dem Auge durchlassen kann. Ist Ersteres der Fall, so wird das Licht, welches die Pole des Bildes ausmacht, nicht in einen ordentlichen und aufserordentlichen Strahl zerlegt, und es geht also unverändert durch den Krystall, folglich ist das Licht, welches der Zerleger empfängt, genau von gleicher Art mit dem, das

Digitized by Google

er in das Auge schicken kann, und mithin sieht man den Pol in voller Helligkeit. Im umgekehrten Fall ist das auf den Zerleger fallende Licht genau von der Art, welche von dem Zerleger völlig unterdrückt wird, und mithin erscheint der Pol vollkommen schwarz.

Die dritte Folgerung ist (wenn wir zur gröſseren Bestimmtheit annehmen, die Richtung des auf den Krystall fallenden Lichts sey gleich mit der des vom Zerleger durchgelassenen): daſs die Intensität des Lichts nur von dem Vorsprung oder Nachstand des ordentlichen oder des auſserordentlichen Strahles abhängt, daſs sie ihr Maximum erreicht, wenn dieser Vorsprung oder Nachstand ein ganzes Multiplum von λ ist, und daſs sie Null wird, wenn der Vorsprung oder Nachstand ein ungerades Multiplum von $\frac{1}{2}\lambda$ ist. In Bezug auf den ersten dieser Sätze ist nur nöthig zu bemerken, daſs die Krystallplatte, nachdem sie das einfallende Licht in zwei Wellenzüge, bestehend aus Schwingungen verschiedener Art, zerlegt, und einen dieser Wellenzüge mehr als den andern um ein ganzes Multiplum von λ verzögert hat, die beiden Wellenzüge genau in demselben Zustand, in dem sie sich vor der Zerlegung befanden, wiederum vereinigt, so daſs sie beim Ausfahren ein dem eingefallenen genau gleiches Licht bilden, welches von dem Zerleger vollständig durchgelassen wird. Dieſs gilt sowohl vom Quarz wie von anderen Krystallen. Hinsichtlich des zweiten Satzes haben wir nur zu bemerken, daſs, wenn circular polarisirtes Licht auf Kalkspath, Salpeter, oder ähnliche ein- und zweiaxige Krystalle einfällt, dasselbe, wie auch die Polarisationsebenen liegen mögen, in zwei Züge ebener, gegen einander senkrechter Vibrationen zerlegt wird, von denen der eine um $\frac{1}{4}\lambda$ hinter dem andern zurückbleibt; und daſs, wenn der relative Gang dieser Wellenzüge um ein ungerades Multiplum von $\frac{1}{2}\lambda$ gestört ist, der vorhin um $\frac{1}{4}\lambda$ vorangehende, jetzt um $\frac{1}{4}\lambda$ (die ganzen Multipla von λ dabei vernachlässigt) zurückbleibt, so daſs die Richtung der

der Circularpolarisation des Lichts umgekehrt wird, und das ausfahrende Licht gerade von der Art ist, welche der Zerleger nicht hindurchlassen kann, wodurch dann der entsprechende Punkt der Ringe schwarz ist. Diefs läfst sich offenbar nicht geradezu auf den Quarz anwenden, ist aber mit ziemlicher Genauigkeit anwendbar, wenn die Strahlen einen beträchtlichen Winkel mit der Axe des Krystalles machen.

Die Eigenschaften des Fresnel'schen Parallelepipeds geben ein Verfahren an die Hand, einen Zerleger von erforderlicher Beschaffenheit zu verfertigen. Es ist bekannt, dafs wenn circular polarisirtes Licht auf Fresnel's Parallelepiped einfällt, linear polarisirtes austritt, und dafs beim Austreten die Polarisationsebene den Winkel +45° oder — 45° mit der Reflexionsebene macht, je nachdem das einfallende Licht rechts oder links gewundener Art war. Das aus dem Parallelepiped tretende Licht mag nun unter dem Polarisationswinkel von einem unbelegten Glasspiegel aufgefangen werden, dessen Reflexionsebene mit der des Parallelepipeds den Winkel +45° bildet. Dann ist klar, dafs das Licht, wenn es links circular polarisirt auf das Parallelepiped einfiel, in einer gegen die Reflexionsebene des Glases senkrechten Ebene linear polarisirt austritt, und deshalb völlig unterdrückt wird. Diese Combination (ein Parallelepiped und ein unbelegtes Glas im Azimuth 45°) hat also die Eigenschaft, rechtgewundenes Circular-Licht gänzlich durchzulassen, und linksgewundenes völlig aufzufangen. Auf gleiche Weise erhellt, dafs die Combination eines Fresnel'schen Parallelepipeds mit einem unbelegten Glase in dem Azimuth —45° die Eigenschaft besitzt, rechtsgewundenes Circular-Licht vollständig aufzufangen, und linksgewundenes Circular-Licht gänzlich durchzulassen. Da alles polarisirte Licht (und folglich überhaupt jedes Licht) als bestehend aus zwei Bündeln von entgegengesetzt circular polarisirtem Licht gedacht werden kann,

Digitized by Google

so folgt, dafs unsere Combination die F
ein jedes Licht in zwei solche Bündel zu
einen derselben aufzufangen.

In Praxis würde der Gebrauch des F
Parallelepipeds (wegen seiner Länge) in
des Apparats mit einigen Unbequemlichke
seyn. Ich habe es deshalb vorgezogen, st
Glimmerblättchen anzuwenden, von solche
der nach einem seiner Hauptschnitte polaris
weder um $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ oder $\frac{5}{4}$ einer Welle
Bequemlichkeit des Spaltens) mehr verzö
der nach dem andern Hauptschnitt pol
Wenn dann das Glimmerblättchen so an d
Glasspiegel befestigt wird, dafs sein Ha
Winkel 45° mit der Reflexionsebene mach
einen Zerleger, welcher im Allgemeinen
vorhin beschriebenen Zwecken entspricht.
men sind indefs seine Wirkungen nicht di
einigen Fällen die Farbenordnung merklic
stört wird.

Wendet man diesen Zerleger an, un
sirtes Licht einfallen, so sind die Erschein
gemeinen so, wie wir sie vorausgesehen h
spath zeigt Ringe ohne irgend eine Art vo
peter, Arragonit u. s. w. zeigen Lemniscate
ganzen Ausdehnung ununterbrochen und
von hyperbolischen Büscheln sind. Schne
Glas zeigt dunkele Flecke, umgeben von
schiedener Ordnung, ohne irgend einen zus
den Büschel. In diesen und anderen Fälle
versucht habe, bewirkt das Drehen des F
Veränderung, ausgenommen, dafs dabei d
u. s. w. gleichfalls gedreht wird.

Vielleicht läfst sich die von mir bes
legungsmethode bei Anwendung von einfa
lar polarisirten Licht mit Vortheil auf die

der unregelmäfsig krystallisirten Körper anwenden. So z. B. sind die Erscheinungen, welche schnell abgekühltes Glas in dem gewöhnlichen Polarisationsapparat darbietet, ausnehmend verwickelt; allein in diesem sind sie verhältnifsmäfsig einfach. In diesem sieht das Auge mit einem Blick (durch die Farbenordnung), um wie viel der nach einer Ebene polarisirte Strahl mehr verzögert ist, als der nach einer darauf senkrechten Ebene polarisirte Strahl. Die Lage dieser Ebenen ist übrigens nicht bestimmt; diefs zeigt sich am besten bei einer Beobachtung des dunkeln Büschels mittelst des gewöhnlichen Apparats.

Um der Untersuchung eine mathematische Form zu geben, mögen die beiden Arten des circular polarisirten Lichts durch die Buchstaben A und B unterschieden seyn. Ferner sey angenommen, dafs Licht von der Art A einfalle, und dafs seine Vibrationen zerfallen für den ordentlichen Strahl in $+a \,.\, \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$, und für den aufserordentlichen Strahl in $+a \,.\, \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$. Beim Austritt aus dem Krystall können diese Vibrationen vorgestellt werden, beim ordentlichen Strahl durch:

$$+a \,.\, \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x),$$

und beim aufserordentlichen Strahl durch:

$$+a \,.\, \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+\Theta).$$

Diese werden durch den Zerleger in zwei Lichtbündel von der Art A und B geschieden, welche letztere sich folgendermafsen vorstellen lassen:

$+p \,.\, \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q)$	senkrecht gegen den Hauptschnitt	bilden das Licht A
$+p \,.\, \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q)$	parallel dem Hauptschnitt	

und:

$+p' \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q')$ senkrecht gegen den Hauptschnitt
$-p' \cdot \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q')$ parallel dem Hauptschnitt
} bilden das Licht *B*.

Macht man die in jeder Ebene geschehenden Vibrationen denen beim Austritt aus dem Krystalle gleich, so kommt:

$$a \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)=p \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q) + p' \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q')$$

$$a \cdot \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+\Theta)=p \cdot \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q) - p' \cdot \cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x+q')$$

Da nun diefs für alle Werthe von $vt-x$ gültig bleiben mufs, so können wir die Sinus und die Cosinus entwickeln, und die Coëfficienten von $\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$ und $\cos\frac{2\pi}{\lambda}(vt-x)$ einander gleichsetzen. So erhalten wir:

$$\begin{aligned} a &= p \cdot \cos q + p' \cdot \cos q' \\ 0 &= p \cdot \sin q + p' \cdot \sin q' \\ -a \cdot \sin\Theta &= -p \cdot \sin q + p' \cdot \sin q' \\ a \cdot \cos\Theta &= p \cdot \cos q - p' \cdot \cos q' \end{aligned}$$

woraus:

$$p=a \cdot \cos\frac{\Theta}{2}, \quad q=\frac{\Theta}{2}$$

$$p'=a \cdot \sin\frac{\Theta}{2}; \quad q'=270^\circ+\frac{\Theta}{2}$$

und die Vibrationen sind:

$a \cdot \cos\frac{\Theta}{2} \cdot \sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x+\frac{\Theta}{2}\right)$ senkrecht geg. d. Hauptschn.
$a \cdot \cos\frac{\Theta}{2} \cdot \cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x+\frac{\Theta}{2}\right)$ parallel dem Hauptschnitt
} bilden Licht *A*

Digitized by Go

$$\left.\begin{array}{ll} a.\sin\frac{\Theta}{2}.\sin\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x+270^{\circ}+\frac{\Theta}{2}\right) & \text{senkr. geg. d. Hptschn.} \\ -a.\sin\frac{\Theta}{2}.\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(vt-x+270^{\circ}+\frac{\Theta}{2}\right) & \text{parallel d. Hptschn.} \end{array}\right\} \text{bilden Licht } B.$$

Ist der Zerleger von der Art, dafs er das Licht A durchlassen kann, so hat das in's Auge gelangende Licht die Intensität $2a^2 \cos^2 \frac{\Theta}{2}$; läfst er dagegen das Licht B hindurch, so ist die gesehene Lichtintensität $2a^2 \sin^2 \frac{\Theta}{2}$; der erstere giebt Licht an der Stelle, wo keine Doppelbrechung ist; der letztere giebt an derselben Stelle Dunkelheit. In beiden Fällen hängt offenbar die Helligkeit nur von Θ ab, d. h. von der Strecke, die der eine Strahl gewonnen oder verloren hat, und durchaus nicht von der Lage der Polarisationsebenen. Daher werden die Erscheinungen in beiden Fällen aus Curven bestehen, die sich continuirlich durch alle Theile erstrecken, wo der Gewinn oder Verlust im Wege des einen Strahles gegen den andern eine constante Gröfse ist.

In dem vorderen Theile dieses Aufsatzes habe ich eines Zerlegers von allgemeiner Art erwähnt, nämlich eines, durch welchen das Licht in zwei elliptisch polarisirte Strahlen geschieden werde. Dieser besteht aus einem Glimmerblättchen in solcher Stellung gegen den unbelegten Glasspiegel, dafs sein Hauptschnitt gegen die Reflexionsebene des letzteren einen andern Winkel als 45° macht. Die mathematische Untersuchung seiner Wirkungen ist nicht schwieriger als die vorhergehende, aber etwas länger, und ihre Resultate würden schwerlich ihre Entwicklung hier rechtfertigen. Ich will nur bemerken, dafs, wenn bei Anwendung des von mir zu dem obigen Versuche vorgeschlagenen Apparats, das Fresnel'sche Parallelepiped oder das Glimmerblättchen, wodurch das einfallende Licht circular polarisirt wird, und das Glimmerblättchen, durch welches die neue Zerlegung bewirkt

Digitized by Google

wird, in gleicher Richtung gedreht werden (ohne den Glasspiegel zu drehen), die Continuität der Ringe nicht unterbrochen wird, sondern ein Theil des Bildes immer an Dunkelheit zunimmt, bis derselbe, wenn jenes Blättchen um 45° gedreht worden ist, zu einem schwarzen Büschel wird. Diefs setzt voraus, dafs die ursprüngliche Polarisationsebene und die Reflexionsebene des Glases rechtwinklig gegen einander liegen, sind sie aber parallel, so sind die Veränderungen umgekehrter Art, und zuletzt erscheinen helle Büschel.

V. *Ueber eine neue Art von Farbenringen, entstehend durch Reflexion zwichen den Linsen eines achromatischen Objectivs: von Sir David Brewster.*

(Aus dem *London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science* — einer neuen Reihenfolge der *Annals of Philosophy* des Hrn. Phillips, mit denen sich, wie bereits seit einigen Jahren das *Philosophical Magazin* des Hrn. Taylor, jetzt nun auch Sir Brewster mit seinem *Edinburgh Journ. of Science* vereinigt hat — *Vol. I p.* 19.)

In einem Aufsatze, welchen ich im J. 1815 der K. Edinburger Gesellschaft mittheilte, und diese im 7. Bande ihrer *Transactions* bekannt machte, beschrieb ich eine neue Art von Farbenringen, die zwischen zwei parallelen Glasplatten entstanden war. Aus der Theorie dieser Klasse von Erscheinungen ging hervor, dafs analoge, obgleich complicirtere, Ringsysteme zwischen krummflächigen Platten entstehen würden, doch gelang es mir erst im J. 1822 dieselben zu entdecken. Diese Ringe werden durch die Superposition ähnlich liegender Bilder so versteckt, dafs ich, da ich meine frühere Beobachtungs-

Digitized by Google

weise vergessen hatte, sie nur mit der gröfsten Schwierigkeit wieder entdecken konnte.

Meine frühsten Versuche wurden mit einem von Berge verfertigten achromatischen Doppel-Objectiv von 2,3 Zoll im Durchmesser und 30 Zoll Brennweite angestellt. Die innere Fläche der Kron- und der Flintglas-Linse besafsen verschiedene Durchmesser, wie man aus deren Durchschnitt in Fig. 5 Taf. V *) sieht, so dafs zwischen den beiden Linsen ein Luft-Meniscus $A2B3A$ blieb. Die Aufsenfläche der Flintglaslinse war concav.

Um das Ringsystem möglichst bei senkrechter Incidenz zu beobachten, stellte ich die kleinste Flamme, welche ich mir verschaffen konnte, in S auf, etwa 4 bis 5 Zoll vom Objective AD entfernt, und brachte in G, zwischen der Flamme und dem Auge, einen Schirm an. Ich hielt dann das Auge in E, möglichst dicht an S, und veränderte den Abstand vom Objective so lange, bis das umgekehrte grünliche Bild der Flamme **), welches von der inneren concaven Fläche $A1B$ reflectirt wurde, die ganze Fläche des Objectivs zu bedecken schien. Wenn diefs gelungen ist, lassen sich die Ringe entweder nach einer geringen Verschiebung des Objectives oder nach Auffangung des durch eine Reflexion von $A1B$ erzeugten Bildes, deutlich vor dem ausgebreiteten, aber schwachen Bilde sehen, welches durch eine zweite Reflexion von derselben Fläche gebildet wird.

Ist die Flamme sehr klein, und sieht das Auge dieselbe auf die Mitte des Objectives projicirt, so sind die Ringe zu einem concentrischen System geordnet, wie Fig. 1 Taf. V zeigt, immer dichter an einander liegend, je näher sie dem Umfange liegen. Zwei dieser Ringe, *mmmm*, *nnnn*, welche in dem System eine interme-

*) Folgt im nächsten Heft.

**) Das Bild der Flamme hatte eine grünliche Farbe, weil die Strahlen desselben zwei Mal durch die Kronglaslinse gegangen waren.

diäre Lage haben, zeichnen sich vor den üb
ihre Dunkelheit aus, so wie durch die H
Lichtes zwischen ihnen; sie besitzen die merk
genschaft, dafs sie die Gränzlinien für *vier* Fra
werden, in die das Hauptsystem bei schief
zerfällt.

Um diese interessante Veränderung zu
neige man das Objectiv, so dafs der Punkt *A*
Auge abzustehen komme als *B*, und das A
jedem Punkte der Fläche *A* 1 *B* unter schief
empfängt. Bei einer sehr geringen Abweiche
senkrechten Incidenz werden die Ringe nach
ler und dichter, nach *B* hin aber breiter und w
rend sie an den intermediären Punkten des U
schen *A* und *B* intermediäre Breiten und A
halten. Bei der Vergröfserung der Inciden
der innere Ring *aa*, Fig. 1 Taf. V, zu ei
unregelmäfsigem Halbmond *aa*, Fig. 2, zusa
zweite und dritte Ring *bb*, *cc*, Fig. 2, th
wie in *bb*, *cc*, Fig. 2, zu ersehen ist, un
gröfseren Incidenz nimmt der dunkele Ring
eine ähnliche Form *nnnn*, Fig. 2, an, und
Gränze des *entfernten Centralsystems ncb*
gleicher Weise schliefst der untere Theil des
Fig. 1, ein kleineres, aber ähnliches Ringsyste
ches man in *n'n'n'n'* sieht, und das *nahe Ce*
nennen kann. Während dieses Vorganges
Ringe aufserhalb *nn*, Fig. 1, ähnliche, aber
Beugungen. Der äufserste *ddd*, Fig. 1, th
zwei ungleiche Stücke, welche an den Punk
Fig. 2, in den Umfang auslaufen. Der nä
d. h. der dunkle *mmmm* bildet die Gränz
fernten Aufsensystems mmmA und des *nah*
systems m'm'm'B.

Bei gröfseren Incidenzen nehmen die v
wickelten Ringgruppen den in Fig 3. abgebi

rakter an, doch sieht man sie nicht auf einmal, und wenn man daher ihre Gestalt verfolgen will, mufs man das Bild, von welchem sie erzeugt werden, nach einander von verschiedenen Theilen der Linse reflectiren lassen. In einiger Entfernung von den beiden Punkten xx sind sie so dicht zusammengedrängt, dafs es ungemein schwierig ist, sie wahrzunehmen. Bei noch vermehrter Schiefe der Incidenz nähern sich die Punkte xx dem Umfange, und die Ringe werden zugleich heller.

Bei einigen Objectiven sind die Ringe ungemein zahlreich und dichtliegend, man mag sie wie in Fig. 1 oder wie Fig. 3 betrachten, und wenn diefs der Fall ist, liegen die schwarzen Ringe m, n und die Punkte xx nahe am Umfange. Bei anderen Objectiven, besonders bei einem grofsen von Hrn. Tulley, sind sehr wenig Ringe da, und die dunkeln Ringe m, n, so wie die Centra x, x, beträchtlich mehr vom Mittelpunkt der Linse nach dem Umfang hingerückt. In diesem Fall sind die Ringe leichter zu sehen, und, wenn man von der senkrechten zu einer schiefen Incidenz übergeht, erleiden sie sehr schöne Abänderungen.

Es litt wenig Zweifel, dafs diese Veränderung in der Gestalt und Zahl der Ringe von der Dicke des zwischen den Linsen befindlichen Luft-Meniscus abhing; indefs, um diefs durch den Versuch zu erweisen, trennte ich die beiden Linsen AB, CD, Fig. 5, und fand dadurch, dafs die Ringe zahlreicher und schmäler wurden, so wie der Abstand der Linsen zunahm. Hieraus folgt, dafs bei alle den Objectiven, wo die inneren Flächen dicht auf einander liegen, oder wo sie durch Kitt oder Firnifs zusammengeklebt sind, keine Ringe erzeugt werden — und dafs die Zahl der Ringe uns einen Maafsstab für den Krümmungsunterschied der Innenflächen combinirter Linsen liefert.

In einigen der schiefen Ringsysteme, welche ich beobachtet habe, näherte sich die äufsere Franse n eines der

Centralsysteme so sehr der äufseren Fran
äufseren Systeme, dafs der Raum zwisc
gelb war statt weifs. In einem Fall hatt
Gränzfransen vereinigt und ein Kreuz gebi
zeigt.

Bei einem grofsen Gilbert'schen D
von 3,8 Zoll Durchmesser, und einem
lond'schen von 2,75 Durchmesser, kon
nur beim Sehen durch die convexe Seite
wahrgenommen werden. Das erstere Obj
zwei Fransen in dem nahen centralen Rin
inneren Flächen müssen sich also beinahe

Trennen wir die Linsen ein wenig
und Fig. 5), so nähert sich das Syster
und die Ringe desselben werden zahlreic
liegend. Die andern Systeme schliefsen s
den concentrisch zu ihm, so dafs das G
sches System wird.

Werden die Linsen ein wenig in
Fig. 5) von einander getrennt, so verg
System und die Ringe darin vermehren
ren Systeme werden ihm concentrisch un
schlossenes System.

Bei einem dreifachen Objective, we
ches Ringsystem gab wie das in Fig. 3,
dafs es von einem anderen Systeme klei
kreuzt wurde, die unter sich und der
der Centra x, x parallel waren. Das O
diese sonderbare Erscheinung zeigte, ist
in meinen Besitz, und daher bin ich n
weitere Aufklärung über dieses neue Sys

Um zu bestimmen, welche Flächen
jectivs AD, Fig. 5 Taf. V, wesentlich
der Ringe seyen, überzog ich die conve
mit Oel von nahe demselben Brechverm
Glas; dadurch verschwanden die Ringe

Digitized by Google

dem ich das Oel entfernt hatte, füllte ich mit derselben Flüssigkeit den hohlen Meniscus zwischen den Linsen; dadurch verschwanden die Ringe abermals. Nachdem ich die Linsen wieder gereinigt hatte, entfernte ich CD; auch nun konnten keine Fransen beobachtet werden. Es folgt daraus, dafs die beiden Flächen der convexen Linse und die innere der concaven zur Erzeugung der Fransen nothwendig sind.

Aus diesen Thatsachen erhellt, dafs die Farbenringe aus der Interferenz zweier Lichtbündel entspringen, von denen der eine *drei* Reflexionen in der convexen Linse AB erlitten hat und *vier* Mal durch diese Linse gegangen ist, und der andere *zwei* Reflexionen in der convexen Linse und *eine* Reflexion an der inneren Fläche der concaven Linse erlitten hat, und vier Mal durch die convexe Linse und zwei Mal durch die Dicke des Luft-Meniscus gegangen ist.

Fällt das Licht senkrecht auf den Mittelpunkt der Linse ein, so beträgt der Verzögerungsraum oder der Gangunterschied zwischen beiden Strahlen das Doppelte der gröfsten Dicke des Luft-Meniscus. Wenn also die Dicke sehr klein ist, werden die entsprechenden Farben deutlich zu beobachten seyn; wenn aber, wie oft, die Dicke beträchtlich ist, so gehören die Farben zu so hohen Ordnungen, dafs sie nur bei Anwendung einer kleinen Flamme homogenen Lichtes sichtbar werden.

Wenn der einfallende Strahl von der Mitte nach dem Umfange rückt, nimmt die Dicke des Meniscus am Orte seines Durchgangs ab, und eben so der Verzögerungsraum; so dafs die Farben der Ringe in der Ordnung hinabrücken, wie in Fig. 1. Es giebt indefs zwischen den Ringen m und n einen besonderen Punkt, wo der Verzögerungsraum Null, oder der von den beiden interferirenden Lichtbündeln durchlaufene Weg gleich lang ist; an dieser Stelle werden wir einen *weifsen* Ring haben. Jenseits dieser Stelle wird der Verzögerungsraum

wahrnehmbar, und es fängt ein anderes
dafs an dem Umfang des Objectivs zu
Ordnung steigt.

Wenn Auge und Flamme in der A
ves liegen, sind die isochromatischen Lini
schiefen Incidenzen haben sie aber sonde
wie man aus Fig. 2 und 3 Taf. V ersi
worin kein Gangunterschied stattfindet,
Gränze der in diesen Figuren abgebildete
systeme.

Da die interferirenden Lichtbündel d
lich Kronglas, Flintglas und Luft durchl
Länge ihrer Wege, bei Veränderung de
der Lage des Einfallspunkts, sich sehr pl
regelmäfsig verändern, so wird der analyti
für den Verzögerungsraum sehr verwickelt

VI. *Ueber die Wirkung einer Zus kung oder Ausdehnung auf die* von Sir David Brewst

(*Lond. and Edinb. Phil. Magazine, Vol.*

Die Lichterzeugung bei einem sanften
Augapfel oder bei einem plötzlichen Druc
ist eine längst bekannte Thatsache, die ab
sens niemals sorgfältig untersucht worden
beschreibt die Thatsache in der sechszeh
Schlusse seiner *Optik*, und äufsert sich f
über sie.

»Wenn Jemand sein Auge an eine
mit dem Finger drückt, und dasselbe v
abwärts richtet, so erblickt er einen Farb
dem in einer Pfauenfeder. Bleiben Auge

Ruhe, so verschwinden diese Farben nach einer Secunde, wenn aber der Finger mit einer zitternden Bewegung fortgeschoben wird, so erscheinen sie abermals. Entstehen nicht diese Farben auf dem Grunde des Auges durch den Druck und die Bewegung des Fingers aus solchen Bewegungen, als daselbst zu andern Zeiten durch das Licht zur Bewirkung des Sehens erregt werden? Und dauern die einmal erregten Bewegungen etwa eine Secunde fort, ehe sie verschwinden? Und wenn Jemand durch einen Stofs auf sein Auge einen Blitz wahrnimmt, werden dann nicht durch den Stofs ähnliche Bewegungen in der Netzhaut erregt? Und wenn eine glühende Kohle rasch im Kreise herumgeschwenkt wird und dadurch ein feuriger Ring zum Vorschein kommt, geschieht diefs nicht dadurch, dafs die durch die Lichtstrahlen auf dem Grunde des Auges erregten Bewegungen von andauernder Natur sind, und noch bestehen, wenn die Kohle beim Herumschwingen wieder an ihrer früheren Stelle anlangt? Und läfst die Nachdauer der vom Licht auf dem Grunde des Auges erregten Bewegungen nicht schliefsen, dafs diese vibrirender Art sind?«

Der in diesem Satz erwähnte Lichtkreis erscheint immer dem Punkt des Drucks gegenüber, und sein Mittelpunkt hat dieselbe Richtung wie ein Lichtstrahl, der auf den Mittelpunkt der zusammengedrückten Stelle der Netzhaut einfiel. Der Grund, warum man die Erscheinung dann am besten sieht, wenn man das Auge abwärts von dem Finger richtet, liegt darin, dafs alsdann die Netzhaut unter den Punkt des Drucks gebracht wird; denn wenn das Auge in Ruhe bleibt oder dem Finger zugewendet wird, so ist der Lichtkreis entweder unvollkommen zu sehen oder gänzlich verschwunden, weil dann der Finger, entweder ganz oder zum Theil, auf ein Stück des Augapfels drückt, worunter die Netzhaut sich nicht erstreckt. Sir Isaac irrt aber, wenn er sagt: »dafs, wenn Auge und Finger in Ruhe bleiben, die Farben in einer

Secunde verschwinden.* Unzweifelhaft dauern sie lange, als der Druck unterhalten wird; diefs beweist Fall, den ich näher zu prüfen Gelegenheit fand, wo Patient beständig einen Lichtkreis sah, in Folge ein Auswuchses an der Innenseite des Augenlieds, welch einen beständigen Druck auf den Augapfel hervorbracht

Sir Newton hat die Farben, welche er in de Lichtkreis sah, nicht weiter genannt, als dafs er sagt, glichen denen einer Pfauenfeder. Obgleich ich diese Versuch wohl tausend Mal unter allen möglichen Abä derungen anstellte, so bin ich doch nie im Stande gew sen andere Kreise als *schwarze* und *weifse* zu sehen. gerechnet eine allgemeine rothe Farbe, die bei verschlos senen Augenliedern sichtbar war, und von dem durc diese hindurchgehenden Lichte hervorgebracht ward.

Wenn man anfangs einen sanften Druck anwende so dafs die zarte markige Substanz der Netzhaut schwac comprimirt wird, so entsteht ein kreisrunder, farblos Lichtfleck, wenn auch das Auge in völliger Dunkelhe ist, und seit mehreren Stunden nicht dem Lichte au gesetzt war. Wenn dann Licht zum Auge hinzugelasse wird, so ist der zusammengedrückte Theil der Netzha empfindlicher für das Licht, als jeder übrige, und e scheint daher heller. Hieraus folgt, *dafs ein schwach Druck auf die Netzhaut die Empfindlichkeit derselbe für das darauf fallende Licht vermehrt, und eine Lich empfindung hervorruft, wenn das Auge sich in völlig Dunkelheit befindet.*

Vermehrt man nun den Druck, so wird der run Lichtfleck allmälig dunkler und zuletzt schwarz, wo dann von einem hell leuchtenden Ring umgeben ist. B fernerer Vergröfserung des Drucks entsteht in der Mit des dunkeln Flecks ein heller, und diametral gegenübe unter dem Punkt des Drucks, ein anderer heller Flec Betrachtet man das Auge als eine elastische, mit ein incompressibeln Flüssigkeit gefüllte Kugel, so ist kla

Digitized by Google

dafs rund um den vom Finger niedergedrückten Punkt ein Ring von der Flüssigkeit aufsteigt, und dafs der Druck von innen nach aufsen den unter dem Finger befindlichen Theil der Netzhaut *ausdehnt*, so wie alle mit dem erhobenen Ring in Berührung stehenden Theile zusammendrückt. Bei Vermehrung des Drucks wird der gegenüber liegende Theil der Netzhaut Widerstand leisten, und so an beiden Enden der Zusammendrückungsaxe eine Compression bewirken, wodurch dann der diametral gegenüberstehende Lichtfleck, und auch der Lichtfleck in der Mitte des kreisrunden schwarzen Flecks entsteht. Hieraus schliefsen wir, *dafs wenn man die Netzhaut, während sie dem Lichte ausgesetzt ist, ausdehnt, sie durchaus blind, oder für alle Lichteindrücke unempfänglich wird.*

Diese Eigenschaft zeigt die Netzhaut oft freiwillig, wenn der Körper vollkommen gesund ist. Wenn wir den Augapfel mit seinen eigenen Muskeln bewegen, so wird die Netzhaut unter der Stelle, wo die Muskeln den Augapfel ziehen, afficirt, und dann können jedem Auge gegenüber und nach der Nase hin zwei leuchtende Halbkreise oder Halbmonde sichtbar seyn. Zu gewissen Zeiten, wo die Netzhaut empfindlicher als gewöhnlich ist, gehen diese Halbmonde in vollständige Kreise oder Ringe von Licht über. Aus demselben Grunde schiefsen beim Niesen Lichtfunken aus beiden Augen, sowohl beim Einziehen der Luft, als bei darauf erfolgender Ausstofsung derselben. Stöfst man die Luft mit Heftigkeit durch die Naslöcher aus, so erscheinen über der Augenaxe zwei Lichtflecke, während zwei andere Lichtflecke in einen zusammenfliefsen, und um die Nasenspitze erscheinen, wenn das Auge nach dieser Richtung hingewandt wird.

Die beschriebenen Erscheinungen werden von den Theilen der Netzhaut hervorgebracht, welche von einem gegebenen Druck am meisten afficirt werden; allein es ist klar, dafs dieser Druck sich auf die gesammte Netz-

haut ausbreitet; — und es ist eine son
dafs, wiewohl dieser Druck zu schwa
Lichteindruck hervorzubringen, er denn
andere zuvor auf jene Membran gemac
modificiren. Wenn das Auge, durch S
geblendet, ein *röthlichbraunes* Spectrum
ändert ein Druck auf einen anderen T
dasselbe in ein *grünes* Spectrum, und
Druck entfernt, wird es wiederum *bra*
von der Art, dafs er die Empfindlich
verringert, so wird er einen schwach
entweder verringern oder gänzlich fortn

Wenn man das Auge vorn drückt
Finger auf das Augenlied über der Cor
man kein leuchtendes Spectrum, und i
wagt, den Druck so scharf zu machen,
terseite des Auges ein Eindruck entst
jedoch einen Fall, wo diese Wirkung
kam. Eine Person safs in einem heft
Zeit lang mit der Hand gegen das A
Moment, wo sie die Hand entfernte u
nete, erblickte sie in der Gesichtsaxe
Fleck, so grofs wie ein (englisches) Se

Es ist der Druck auf die Netz
gewissen Krankheitszuständen die heru
Lichtmassen hervorruft. Bei Magenübe
Druck der Blutgefäfse auf die Netzh
durch ein schwaches blaues Licht, w
Auge herumschwimmt und nach einer
So wie der Druck wächst, wird das
dann *gelb* und zuweilen selbst *roth*;
werden gelegentlich an dem Rande de
sehen.

Die vorhergehenden Beobachtunger
flufs der Ausdehnung auf die Netzhaut
mein wahrscheinlich, dafs die Krankheit

Digitized by Google

welche man Amaurosis nennt, zuweilen aus einer allgemeinen Anschwellung des Augapfels, in Folge einer Ueberhäufung der darin enthaltenen Flüssigkeiten, entsteht. Ist dieſs der Fall, so könnte der Druck dadurch entfernt werden, daſs man den Augapfel aufstäche, und einen Theil der wäſsrigen Flüssigkeit herausflieſsen lieſse. In wiefern diese Operation rathsam sey, wenn die Krankhait lange angehalten hat, kann nur durch Erfahrung ermittelt werden.

VII. *Ideen des Hrn. Ampère über Wärme und Licht.*

(*Bibliothèque universelle, T. XLVIII p.* 225.)

Der Grundsatz, auf dem diese Ideen beruhen, besteht in der Unterscheidung, welche Hr. Ampère seit langer Zeit zwischen *Partikeln*, *Molekeln* und *Atomen* aufgestellt hat. Partikel nennt er ein unendlich kleines Theilchen eines Körpers von gleicher Natur mit diesem; so daſs ein Partikel eines starren Körpers starr, eines flüssigen flüssig und eines gasigen gasig seyn würde.

Die Partikeln bestehen aus Molekeln, die von einander entfernt gehalten werden: 1) durch den bei diesen Abstand noch wirksamen Ueberrest der den Atomen eigenthümlichen Anziehungs- und Abstoſsungskräfte; 2) durch die Abstoſsung, welche die Schwingungsbewegung des dazwischen befindlichen Aethers unter ihnen erregt; 3) durch die Anziehung nach geradem Verhältnisse der Massen, und dem umgekehrten des Quadrates der Entfernungen. Er nennt *Molekel* eine Anhäufung von Atomen, die durch die den Atomen eigenthümlichen Anziehungs- und Abstoſsungskräfte von einander gehalten werden; diese Kräfte denkt er sich so sehr den vorhergenannten überlegen, daſs

letztere als ganz verschwindend gegen sie betrachtet we den können. Was er *Atome* nennt, sind die materielle Punkte, von denen diese Anziehungs- und Abstofsung kräfte ausfliefsen.

Es folgt aus dieser Definition von *Molekeln* un *Atomen*, dafs das Molekel wesentlich starr ist, der Kör per, dem es angehört, mag starr, flüssig oder gasig seyn dafs die Molekel nothwendig die Form eines Polyede haben, dessen Ecken die Atome oder wenigstens ein gewisse Anzahl von Atomen einnehmen; diese polyedr schen Formen sind es, welche von den Krystallographe Primitivformen genannt wurden.

Hr. Ampère nimmt an, dafs beim Uebergange e nes Körpers aus dem flüssigen in den gasigen Zustan und umgekehrt, die Molekel nichts weiter thun, als sie gegenseitig entfernen oder nähern, wobei sie von einem Gleichgewichtszustande zwischen den ihren Abstand b dingenden Kräften in einen neuen Gleichgewichtszustan zwischen denselben Kräften übergehen; allein er glaub dafs bei dem Uebergang aus dem flüssigen Zustand i den festen zwei oder mehrere Molekel sich zur Bildu von zusammengesetzteren Molekeln vereinigen.

Die mechanischen Kräfte können nur die Partik trennen; die Kraft, welche aus den Vibrationen der Ato entspringt, kann das zusammengesetztere Molekel ein starren Körpers in einfachere Molekel zerlegen, wie s in den Flüssigkeiten und Gasen enthalten sind; die ch mischen Kräfte allein können diese letzteren Molekel we ter zerlegen. Bei der Verpuffung eines Gemenges v einem Volum Sauerstoff und zwei Volumen Wassersto woraus 2 Volume Wasserdampf bei der ursprünglich Temperatur erfolgen, wird z. B. jedes Molekel Saue stoff in zwei Theile getheilt, und die Atome jeder di ser Hälften verbinden sich mit den Atomen eines Mol kels Wasserstoff zur Bildung von einem Molekel Wasse

Diese Theilung der Molekel durch die chemisch

Kräfte geht aus einem Satz hervor, den Hr. Ampère in einer in die *Annales de Mines* von 1814 eingerückte Abhandlung bewiesen hat, nämlich, dafs in gleichen Volumen eines jeden Gases oder Dampfes, bei derselben Temperatur und demselben Druck, eine gleiche Anzahl von Molekeln vorhanden ist.

Was die Atome betrifft, so ist nach Hrn. Ampère's Meinung die einzige Eigenschaft, welche man ihnen mit Sicherheit beilegen kann, die Untheilbarkeit; so dafs, wiewohl der Raum bis in's Unendliche theilbar ist, die Materie es nicht seyn würde.

Diefs verstanden, unterscheidet Hr. Ampère ferner die Molecular-Vibrationen von den Atomen-Vibrationen. Bei den ersteren vibriren die Molekel in Masse, indem sie sich abwechselnd nähern und von einander entfernen; sie mögen indefs auf diese Weise vibriren oder in Ruhe seyn, so können die Atome eines jeden Molekels vibriren, und thun es wirklich immer, sich gegenseitig nähernd oder von einander entfernend, ohne dabei aufzuhören demselben Molekel anzugehören. Diese letzteren Vibrationen nennt er eben Atomen-Vibrationen.

Den Molecular-Vibrationen und deren Fortpflanzung in umgebenden Mitteln schreibt Hr. Ampère alle Erscheinungen des Schalles zu; von den Atomen-Vibrationen und einer Fortpflanzung im Aether leitet er alle Erscheinungen der Wärme und des Lichtes ab.

Da jede Vibrations-Bewegung nur um einen stabilen Gleichgewichtszustand zwischen entgegengesetzten Kräften stattfinden kann, so setzen die Atomen-Vibrationen nothwendig das Daseyn einer Abstofsungskraft im Gleichgewicht mit einer Anziehungskraft voraus, so wie die gleichzeitige Ausübung dieser beiden Kräfte zwischen zwei Atomen, so dafs die Möglichkeit eines stabilen Gleichgewichts zwischen diesen beiden Kräften vorhanden ist. Diefs erfordert, dafs die Repulsivkraft bei Veränderung des Abstandes rascher wachse und abnehme als die At-

Digitized by Google

tractivkraft. Uebrigens kann man diese beiden Kräfte auf eine einzige Kraft zurückführen, deren mathematisches Zeichen zwei Glieder von entgegengesetzten Zeichen enthielte, von denen jedes einer der besagten Kräfte entsprechen würde.

Klar ist, dafs es, sobald man die Wärmeerscheinungen als Erzeugnisse von Vibrationen ansieht, widersprechend seyn würde, wenn man von der Wärme die Abstofsungskraft ableitete, die zum Vibriren der Atome nöthig ist.

Um sich eine klare Vorstellung davon zu machen, wie sich die Wärme nach den verschiedenen Gesetzen fortpflanzt, wenn sie 1) in einem Körper sich bewegt, und 2) als strahlende Wärme vorhanden ist, mufs man zuvörderst bemerken, dafs sie im letzteren Fall nicht von dem Lichte verschieden seyn kann; denn Licht ist nichts als strahlende Wärme, welche fähig geworden die Flüssigkeiten des Auges zu durchdringen, indem die Häufigkeit und Intensität ihrer Vibrationen grofs genug geworden ist, um einen Durchgang durch diese Flüssigkeiten zu erzwingen *). Darauf mufs man diese beiden Arten von

*) Die Erfahrung lehrt, dafs die strahlende Wärme bis zu der Temperatur, wo der sie aussendende Körper im Dunkeln leuchtend wird, durchaus nicht durch Wasser, sey es flüssig oder fest, gehen kann, und dafs sie dagegen, sobald der Körper die Glühhitze erreicht, dasselbe Mittel zu durchdringen vermag. Um die Coincidenz dieser beiden Phänomene, die unabhängig von einander zu seyn scheinen, zu erklären, geht Hr. Ampère von der Thatsache aus, dafs die Schwingungen, welche strahlende Wärme ausmachen, unterhalb eines gewissen Grades von Intensität und Häufigkeit sich nicht durch Wasser fortzupflanzen vermögen, und dafs sie oberhalb desselben in gröfserem oder geringerem Antheil durchgehen. Klar ist, dafs im ersten Fall keine Lichtempfindung statt haben kann, weil die Schwingungen nicht durch die Augenfeuchtigkeiten hindurchzudringen, noch auf die Netzhaut anzulangen vermögen, und dafs im zweiten Fall die Körper durch die Strahlen, welche alsdann die Feuchtigkeiten des Auges durchdringen, im Dunkeln sichtbar werden müssen.

Digitized by Google

Fortpflanzung vergleichen mit den beiden Fortpflanzungsweisen, die der Schall darbietet. Wir wollen zuvörderst diese beiden Arten aus einander setzen.

Denken wir uns eine vibrirende Stimmgabel, und setzen wir zunächst fest, was unter der *lebendigen Kraft* ihrer Vibrationsbewegung zu verstehen sey. Man erhält diese lebendige Kraft, wenn man die Producte aus allen Massen ihrer Molekel in die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten zu einem gegebenen Zeitpunkt summirt, und zu dieser Summe addirt das Doppelte des Integrals der Summe der Kräfte multiplicirt durch die Differentiale der Räume, die in Richtung dieser Kräfte von jedem Molekel durchlaufen worden sind. Diefs Integral, welches nur von der relativen Lage der Molekel abhängt, mufs so genommen werden, dafs es für die Gleichgewichtslage, um welche die Vibration geschieht, Null werde *).

Sehen wir nun, was mit der Stimmgabel in folgenden Fällen geschieht:

1) Ist die Stimmgabel im Vacuo, so dauert die Vibrationsbewegung unaufhörlich, und die Summe der lebendigen Kräfte, expliciten wie impliciten, bleibt constant.

*) Das in diesem Sinne genommene Integral ist für alle Lagen nahe bei der des Gleichgewichts positiv; diefs ist das Kennzeichen des stabilen Gleichgewichts, des einzigen, um welches hier Vibrationsbewegungen statt haben können. Es folgt daraus, dafs, wenn die totale lebendige Kraft dieselbe bleibt, die Summe der Producte aus den Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten die gröfstmögliche in dem Falle werden mufs, wo alle Molekel gleichzeitig durch die Gleichgewichtslage gehen, weil alsdann der andere, immer positive Theil von dem, was wir lebendige Kraft genannt haben, Null ist. Hr. Ampère nennt *explicite* lebendige Kraft den ersten Theil der lebendigen Kraft, welche von den Producten der Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten herrührt, und *implicite* lebendige Kraft das oben erwähnte doppelte Integral. Bei einem System, das man aufserhalb der Gleichgewichtslage in Ruhe erhält, giebt es eine implicite lebendige Kraft, die den doppelten Werth dieses Integrals für diese Lage des Körpers hat.

Digitized by Google

2) Befindet sich die Stimmgabel in einer Flüssigkeit von geringerer Dichtigkeit als die ihrige, so erzeugt jede ganze Schwingung, d. h. jede ihrer Bewegungen zwischen zweimaliger Rückkehr in gleicher Richtung zu demselben Punkt, in der Flüssigkeit eine Welle von bestimmter Dicke, welche die Flüssigkeit nach den bekannten Gesetzen der Fortpflanzung des Schalls durchläuft, und dabei den durchlaufenen Theil in Ruhe läfst, abgerechnet die Bewegung, welche die folgende Welle erregt, wenn die Stimmgabel zu schwingen fortfährt. Bei jeder Vibration nimmt die lebendige Kraft der Stimmgabel um die ganze lebendige Kraft ab, welche in die Wellen übergeht, so dafs die verschiedenen successiven Verlüste der Stimmgabel fortwährend abnehmen mit der Intensität der erzeugten Wellen.

3) Wäre die Stimmgabel in einer Flüssigkeit von gleicher Dichte und Elasticität wie sie, so würde sie alle Bewegung bei der ersten Vibration verlieren, und die ganze lebendige Kraft würde in die einzige Welle übergehen, die sich ringsum sie fortpflanzte.

4) Befindet sich in einem unbegränzten Mittel irgend eine Anzahl in Einklang gestimmter Stimmgabeln, von denen eine einzige oder eine Gruppe benachbarter in Vibration versetzt ist, so werden die Wellen, welche in diesem Mittel, dessen Dichtigkeit wir geringer annehmen als die der Stimmgabeln, hervorgebracht werden, die bis dahin in Ruhe befindlichen Stimmgabeln treffen, und ihnen Bewegungen mittheilen, die beinah desto geringer sind, als diese Stimmgabeln weiter von der schwingenden Gruppe entfernt stehen, und die lebendige Kraft des Theils der Wellen, der auf keine Stimmgabel stiefs, wird für das System verloren gehen. In dem Maafse aber als die anfangs in Ruhe befindlichen Stimmgabeln Bewegung annehmen, erzeugen sie neue Wellen, deren lebendige Kraft zum Theil zu der ersten Gruppe zurückgeht, ihr aber weniger lebendige Kraft wieder bringt, als sie

Digitized by Google

empfängt, weil bei diesem gegenseitigen Austausche die lebendige Kraft ihrer Vibrationen sich nur dann erhöhen kann, so lange sie kleiner ist als die der ursprünglich vibrirenden Gruppe. Die lebendige Kraft des Systemes aller Stimmgabeln vermindert sich in Folge der Wellen, welche das Mittel aufserhalb dieses Systemes fortpflanzt, unaufhörlich, wenigstens wenn man nicht annimmt, dafs letzteres in eine Hülle von Stimmgabeln eingeschlossen sey, die mit constanter, und, wie wir z. B. voraussetzen, geringerer lebendiger Kraft als das ursprünglich vibrirende System, in Vibration erhalten werden. In diesem Falle strebt die lebendige Kraft dieses Theils und des übrigen Systemes sich unaufhörlich der der Stimmgabeln der Hülle zu nähern, ohne sie jedoch, mathematisch gesprochen, jemals zu erreichen, weil diejenigen Stimmgabeln in der Hülle, welche eine gröfsere lebendige Kraft haben als letztere, einen Theil ihrer lebendigen Kraft durch die Gegenwart der Hülle verlieren, indem sie ihr mehr zusenden, als sie von ihr empfangen, während diejenigen Stimmgabeln, welche weniger lebendige Kraft als die Hülle haben, dagegen mehr von ihr empfangen als sie ihr zusenden.

Denkt man sich die Stimmgabeln entweder in einer cylindrischen Hülle von sehr kleinem Durchmesser angebracht, — damit man nur die Fortpflanzung der Wellen in einer einzigen Richtung zu berücksichtigen braucht, — oder zwischen zwei Ebenen befindlich, — damit man nur eine Fortpflanzung nach zwei Dimensionen habe, — oder im Raume vorhanden; so wird man annehmen können im ersten Fall: dafs der Cylinder seiner Länge nach und parallel seiner Grundfläche in Schnitte getheilt sey; im zweiten Fall: dafs der Raum zwischen den beiden parallelen Ebenen getheilt sey in kreisrunde Scheiben, deren Mittelpunkt sich in dem, als sehr klein vorausgesetzten Theil befinde, wo die Stimmgabeln ursprünglich vibrirten; und im dritten Fall: dafs der Raum um denselben

Digitized by Google

Theil in Kugelschichten getheilt sey. In allen diesen Fällen kann man die lebendige Kraft suchen, welcher von einem Schnitt, einer Scheibe, einer Kugelschicht, in den nächstfolgenden Schnitt, die nächstfolgende Scheibe oder Kugelschicht durchgelassen wird, und man kann als erste Annäherung annehmen, dafs die Menge der durchgelassenen lebendigen Kraft proportional sey der Differenz der lebendigen Kräfte zweier auf einander folgender Elemente. Alsdann findet man nothwendig für die Vertheilung der lebendigen Kraft unter den Stimmgabeln die nämlichen Gleichungen, welche Fourier für die Vertheilung der Wärme in denselben drei Fällen gefunden hat, mittelst derselben Hypothese, dafs die Temperatur oder durchgelassene Wärme, welche hier die durchgelassene lebendige Kraft repräsentirt, proportional sey der Differenz der respectiven Werthe beider Elemente. Und gesetzt, man wendete auf die Durchlassung der lebendigen Kraft zwischen den Stimmgabeln andere Gesetze an, z. B. das, welches Hr. Libri, oder das, welches Hr. Babinet für die Durchlassung der Wärme vorgeschlagen haben, so würde man doch für die Vertheilung der lebendigen Kraft in dem Stimmgabeln-System dieselben Gleichungen finden, welche diese Physiker mittelst ihrer Hypothesen erhielten.

Bemerken wir hier, dafs die Stimmgabeln, so lange man sie nur als beinah von einer Dimension annimmt, die Bedingung des Vibrirens im Einklang erfüllen müssen; dafs aber schwingende Flächen von zwei Dimensionen, wie Hr. Savart erwiesen hat, und um so mehr also schwingende Körper von drei Dimensionen, durch allmälige Aenderung ihrer Knotenlinien fähig sind mit jedem vibrirenden Körper in Einklang zu kommen. Man braucht also nur in dem Vorhergehenden das Wort Stimmgabel durch das Wort schwingende Fläche oder schwingenden Körper zu ersetzen, damit alles Gesagte noch wahr sey,

Digitized by Google

ohne irgend eine Bedingung in Bezug auf die Form oder die Dimension dieser Körper.

Wenden wir diefs nun auf die Molekel eines erhitzten Körpers an, und betrachten dieselben als eben so viele kleine Solida, welche unabhängig von einander zu schwingen im Stande sind, dabei Antheile der lebendigen Kraft ihrer Schwingungsbewegung dem umgebenden Aether allmälig mittheilen, und in letzterem bei jeder Schwingung eine Welle erzeugen, gerade wie eine Stimmgabel einen Theil der lebendigen Kraft ihrer Schwingungsbewegung der umgebenden Luft mittheilt. Nimmt man dann an, dafs ein benachbartes Molekel, welches eine geringere Schwingungsbewegung hat, blofs mittelst dieses Aethers allmälig in seiner lebendigen Kraft verstärkt werden kann, so lange es darin schwächer ist als das erste Molekel, so ist klar, dafs man für die Vertheilung der lebendigen Kraft zwischen den verschiedenen Molekeln genau dieselben Gleichungen finden wird, welche man für die Wärmevertheilung gefunden hat, nach den verschiedenen Hypothesen über die Weise, wie die von einem zum andern Molekel übertragene lebendige Kraft von dem Temperaturunterschiede dieser Molekel abhängt.

Man findet offenbar die nämlichen Resultate, man mag die Sache auf obige Weise nach dem Emissionssystem, oder nach dem Undulationssystem betrachten, indem die Wärmemenge im Emissionssystem durch die lebendige Kraft der Schwingungsbewegung der Molekel in dem Undulationssystem ersetzt wird. Um indefs die Analogie zwischen der Wärmefortpflanzung in Körpern und der der Schallwellen, von einem Körper zum andern mittelst der Luft, leichter fafslich zu machen, hat Hr. Ampère bei dieser Erklärung angenommen, dafs die Molekel der Körper ihre Schwingungsbewegung nur mittelst des Aethers fortpflanzen; denn er meint, dafs sie dieselben auch dadurch fortpflanzen können, dafs ein Molekel

ohne seinen Abstand von dem benachbarten zu ändern, durch die Anziehungs- und Abstofsungskräfte seiner Atome seine Form ändern, und dadurch die Atome des zweiten Molekels in Schwingung versetzen könne. Indefs da dieser Gesichtspunkt Rechnungen erfordert, die er nicht angestellt hat, so verweilt er nicht bei den Folgerungen dieser Idee. Sein Zweck bei diesen Betrachtungen ist nur der: zu zeigen, wie die Vibrationen, durch welche sich die Wärme in den Körpern fortpflanzt, ein ganz anderes Gesetz befolgen können als die Vibrationen des Schalls, des Lichts und der strahlenden Wärme. Die drei letzteren Vibrationen pflanzen sich durch Wellen fort, welche den einmal berührten Theil des schwingenden Körpers in völliger Ruhe zurücklassen, während die ersteren sich allmälig, nach einander, und auf solche Weise bilden, dafs die Vibrationen der Theile, welche der Wärmequelle näher liegen, immer an Intensität die Vibrationen der entfernteren Theile übertreffen, um eine Gröfse, die zwar in Wirklichkeit unaufhörlich abnimmt, mathematisch gesprochen, aber erst nach einer unendlichen Zeit Null werden würde.

VIII. *Elementare Bestimmung des Minimums der Ablenkung, welche ein homogener Lichtstrahl beim Durchgang durch ein gegebenes Prisma erleiden kann;*

von Hrn. E. Bary.

(*Annal. de chim. et de phys. T. XLVII p.* 88.)

Das Minimum der Ablenkung, welche ein Strahl homogenen Lichts beim Durchgang durch ein gegebenes Prisma erleiden kann, entspricht bekanntlich der Gleichheit der Winkel des Einfalls und Austritts, und bei vielen diop-

rischen Versuchen ist es vortheilhaft, die Prismen so aufzustellen, dafs diese Gleichheit stattfinde. Diefs Ablenkungs-Minimum läfst sich, wie alle Maxima und Minima, durch Differentialrechnung bestimmen; allein da die Zuhörer physikalischer Vorlesungen selten vertraut genug mit dieser Rechnung sind, so kann ihnen eine solche Auflösung nicht vorgelegt werden. Was den von Newton (*Lections opticae prop.* 25) gegebenen synthetischen Beweis betrifft, so stützt er sich auf eine Reihe geometrischer Sätze, die man zuvor aus einander setzen mufs, was langwierig und beschwerlich ist. Ich glaube daher, dafs es nicht ohne Nutzen für den Unterricht in der Optik sey, eine recht einfache Auflösung des Problems mitzutheilen, die einzig auf Trigonometrie und Algebra gegründet ist.

Es sey BAC ein Schnitt senkrecht gegen die Kanten eines gegebenen Prismas *), LI ein einfallender Strahl, I der Einfallspunkt, IE der gebrochene Strahl, E der Austrittspunkt, EM der ausfahrende Strahl, R der Durchschnitt der hinreichend verlängerten Strahlen LI und EM, und N der Durchschnittspunkt der vom Einfalls- und vom Austrittspunkt gefällten Normalen. Die Ablenkung des Lichts ist nichts anderes als der Winkel ORM, den der ausfahrende Strahl REM mit der Verlängerung RO des einfallenden Strahls $LIRO$ macht.

Setzen wir nun:

$NIR = u$; $NEI = x'$

$NER = u'$; $ORM = v$

$NIE = x$; den brechenden Winkel $BAC = a$

und nennen n den Refractionsindex für die betrachtete Art einfacher Strahlen, so hat man:

$$\sin u = n \sin x \; . \; . \; . \; (1)$$

$$\sin u' = n \sin x' \; . \; . \; . \; (2)$$

Durch die Betrachtung der Dreiecke in der Figur findet man leicht:

*) Leicht wird man sich die Figur selbst zeichnen können; nur mufs man die angegebenen Buchstaben richtig eintragen.

Digitized by Google

$$x+x'=a;\quad v=(u-x)+(u'-x')=u+u'-a,$$
woraus:
$$u+u'=v+a.$$

Statt der Gleichungen (1) und (2) kann man folgende setzen:
$$\sin u+\sin u'=n(\sin x+\sin x')$$
$$\sin u-\sin u'=n(\sin x-\sin x'),$$
oder auch die:
$$2\sin\frac{u+u'}{2}\cos\frac{u-u'}{2}=2n\sin\frac{x+x'}{2}\cos\frac{x-x'}{2}$$
$$2\sin\frac{u-u'}{2}\cos\frac{u+u'}{2}=2n\cos\frac{x+x'}{2}\sin\frac{x-x'}{2},$$
oder endlich die:
$$\sin\frac{v+a}{2}\cos\frac{u-u'}{2}=n\,.\sin\frac{a}{2}\cos\frac{x-x'}{2}\quad\ldots\ldots(3)$$
$$\cos\frac{v+a}{2}\sin\frac{u-u'}{2}=n\,.\cos\frac{a}{2}\sin\frac{x-x'}{2}\quad\ldots\ldots(4)$$

Klar ist, dafs das Minimum von v dem Minimum von $\frac{v+a}{2}$ entsprechen wird. Sind nun die Winkel u und u' scharf, so hat man $\frac{u+u'}{2}<180^{\circ}$ und daraus $\frac{v+a}{2}<90^{\circ}$. Soll nun der Winkel $\frac{v+a}{2}$ auf seinen kleinsten Werth gelangen, mufs auch sein Sinus ein Kleinstes werden. Es handelt sich also darum, das Mininimum von $\sin\frac{v+a}{2}$ zu berechnen. Schreiben wir:
$$\sin\frac{v+a}{2}=y\ \text{und}\ \sin\frac{x-x'}{2}=z.$$

Diese Hypothesen geben:
$$\cos\frac{v+a}{2}=\sqrt{1-y^2};\quad \cos\frac{x-x'}{2}=\sqrt{1-z^2}.$$

Aus den Gleichungen (3) und (4) ergiebt sich:

Digitized by Google

$$n \sin\frac{a}{2} \,.\, \sqrt{1-z^2} = y \,.\, \cos\frac{u-u'}{2}$$

$$= y \sqrt{1-\sin^2 \tfrac{1}{2}(u-u')}$$

$$= y \sqrt{1-\frac{n^2 z^2 \cos^2 \frac{1}{2} a}{1-y^2}}$$

$$n^2(1-y^2)(1-z^2)\sin^2 \tfrac{1}{2} a = y^2(1-y^2-n^2 z^2 \cos^2 \tfrac{1}{2} a)$$

und endlich:

$$z^2 = \frac{(1-y^2)(y^2-n^2 \sin^2 \frac{1}{2} a)}{n^2(y^2-\sin^2 \frac{1}{2} a)} \quad . \; . \; . \quad (5)$$

Da y^2, d. h. $\sin^2 \frac{v+a}{2}$, gröfser ist als $\sin^2 \frac{a}{2}$, so ist der Nenner des Ausdrucks für z positiv; gleiches gilt von $1-y^2$; mithin erfordert die Realität von z, dafs man habe $y^2 > n^2 \sin^2 \frac{a}{2}$, oder wenigstens $y^2 = n^2 \sin^2 \frac{a}{2}$ oder $y = n \sin \frac{a}{2}$; folglich ist $n \sin \frac{a}{2}$ der Minimum-Werth von y, für welchen Fall $z=0$, also $x=x'$, also auch $u=u'$ und $v=2u-a$.

Die Ablenkung der Lichtstrahlen ist also ein Minimum, wenn der Einfalls- und der Austrittswinkel einander gleich sind.

Zur Berechnung des scharfen Winkels v hat man:

$$\sin \tfrac{1}{2}(v+a) = n \sin \tfrac{1}{2} a \quad . \; . \; . \; . \quad (6)$$

woraus:

$$v = 2 \,arc(\sin = n \sin \tfrac{1}{2} a) - a.$$

Bemerkung. Die Gleichung (6) zeigt, dafs der Winkel $\frac{1}{2}(v+a)$ nicht construirt werden kann, wenn man nicht hat:

$$n \sin \tfrac{1}{2} a < 1 \text{ oder } a < 2 \,arc\left(\sin = \frac{1}{n}\right)$$

oder, $arc\left(\sin = \frac{1}{n}\right) = l$ gesetzt:

$$a < 2l.$$

Der Winkel l ist, wie bekannt und wie es sich auch

aus Gleichung (1) ergiebt, die obere Gränze der Winkel, welche ein gebrochener Strahl in dem Prisma an der Austrittsfläche mit der Normale bilden kann. Dieser Winkel l wird zuweilen *Gränzwinkel* genannt. Man kann daher sagen, *dafs das gesuchte Minimum nur dann statt finde, wenn der brechende Winkel des Prismas kleiner ist als der doppelte Werth des Winkels, dessen Sinus gleich ist Eins dividirt durch den Refractionsindex, oder wenn er kleiner ist als der doppelte Gränzwinkel.*

Die Gleichung (5) lehrt uns, dafs die erhaltene Beziehung $a < 2l$ nicht allein Bedingung ist für das Ablenkungs-Minimum, sondern auch für den Austritt; denn damit das Quadrat z^2 positiv sey, mufs man im Allgemeinen haben $n \sin \frac{1}{2} a < y$, und um destomehr $n \sin \frac{1}{2} < 1$ oder $a < 2l$.

In dem besonderen Fall, dafs $n \sin \frac{1}{2} a = 1$ oder $a = 2l$, müfste man, damit z nicht imaginär würde, zu gleicher Zeit haben $y = 1$ oder $\sin \frac{1}{2}(v + a) = 1$, folglich $v = 180^\circ - a = 180^\circ - 2l$, woraus sich successiv ergiebt: $z = 0$; $x = x' = \frac{1}{2} a = l$; $u = u' = \frac{1}{2}(v + a) = 90^\circ$. Diefs zeigt an, dafs der einfallende Strahl nach der Seite BI des Dreiecks BAC gerichtet ist, und dafs, da die Winkel des gebrochenen Strahls mit den Normalen in I und E unter sich und mit dem Gränzwinkel l gleich sind, der ausfahrende Strahl nach der Seite EC gerichtet ist. Man sieht, *dafs wenn der brechende Winkel eines Prisma doppelt so grofs wie der Gränzwinkel ist, das Licht nicht zu diesem Prisma heraustreten kann, es fiele denn unter der Incidenz 90° ein.*

Diese Bedingungen für das Ausfahren sind übrigens den Physikern bekannt; ich wollte hier nur zeigen, dafs man sie aus der Gleichung (6) ableiten kann.

Nachschrift. Es war hauptsächlich Gegenstand dieses Aufsatzes, durch ein Beispiel zu zeigen, wie man Aufgaben, die beim ersten Anblick ausschliefslich der trans-

Digitized by Google

cendenten Analyse anzugehören scheinen, in den Bereich der Algebra herabbringen könne. Ich glaube mich daher auch nicht zu sehr von meinem Ziele zu entfernen, wenn ich hier einen sehr einfachen Calcül hinzufüge, welcher dazu dient, die *Theorie des Regenbogens* und selbst die der *katakaustischen Linien* von den Differentialzeichen zu befreien, vor allem, wenn man die Theorie der letzteren so darstellen will, wie es von Petit in der *Correspondance de l'Ecole Polytechnique, T. II p.* 354, geschehen ist.

Es handelt sich darum, *die Gränze des Verhältnisses zwischen dem Anwuchs des Brechungswinkels und dem Anwuchs des Einfallswinkels zu finden.*

Es sey i der Einfallswinkel und r der Brechungswinkel, der von ersterem nach dem Cartesischen Gesetz abhängt, ferner k der Anwuchs des Winkels r, entsprechend einem Anwuchs h des Winkels i, so hat man:

$$\sin i = n \sin r; \quad \sin(i+h) = n \sin(r+k).$$

Die Trigonometrie giebt:

$$\sin(i+h) - \sin i = 2 \sin \tfrac{1}{2}h \cos(i+\tfrac{1}{2}h),$$

woraus:

$$\frac{\sin(i+h) - \sin i}{h} = \frac{\sin \frac{1}{2}h}{\frac{1}{2}h} \cos(i+\tfrac{1}{2}h).$$

Da im zweiten Gliede bei fortwährend abnehmenden Werthen von h die Gränze des ersten Factors 1, und die des zweiten Factors $\cos i$ ist, so folgt daraus als Gränze des Products $1 \times \cos i$ oder $\cos i$. In dem Maafse als h abnimmt, nähert man sich also immer mehr der Gleichheit:

$$\frac{\sin(i+h) - \sin i}{h} = \cos i,$$

oder der

$$\sin(i+h = \sin i + h \cos i.$$

Eben so nähert man sich, so wie k abnimmt, der Gleichheit:

$$\sin(r+k) = \sin r + k \cos r.$$

Digitized by Google

Durch gleichzeitige Abnahme von h und k nähert man sich also auch der Gleichheit:

$$\sin i + h \cos i = n(\sin r + k \cos r),$$

oder der:

$$h \cos i = n k \cos r,$$

oder der:

$$\frac{k}{h} = \frac{\cos i}{n \cos r},$$

Mithin endlich wird $\frac{\cos i}{n \cos r}$ die Gränze von $\frac{k}{h}$, d. h. des Verhältnisses der Anwüchse der Winkel r und i seyn.

IX. *Ueber den Einfluſs des Lichts auf die Fällung des Platinchlorids durch Kalkwasser.*

Wenn eine Lösung von Platin in Königswasser, die durch Kalk neutralisirt, darauf filtrirt und mit Kalkwasser versetzt worden ist, an einen dunkeln Ort gestellt wird, so entsteht in beträchtlicher Zeit kein Niederschlag von Belang, nur nach sehr langer Zeit bildet sich ein unbedeutender flockiger Bodensatz, und dann hört die Einwirkung auf. Setzt man aber die Mischung, für sich oder nach Ablagerung dieses Niederschlags, dem Sonnenlicht aus, so wird sie sogleich milchig, und läſst einen weiſsen oder, bei Ueberschuſs der Platinlösung, blaſsgelben Niederschlag zu Boden fallen. Dasselbe geschieht, nur langsamer, im Tageslicht. Indeſs ist diese merkwürdige Wirkung nur auf das violette Ende des Spectrums beschränkt. Stellt man die Mischung, in eine Röhre eingeschlossen, in den mit Schwefelsäure angesäuerten Aufguſs von Essigrosen, so bleibt sie in diesem rothen Lichte Tage lang unverändert im Sonnenschein (abgerechnet den vorhin erwähnten geringen Niederschlag in der ersten Stunde). Auch gelbe Flüssigkeiten schützen sie gegen das Sonnenlicht. — Der Niederschlag, eine Verbindung von Platinoxyd und Kalk, ist löslich in Salzsäure, noch frisch auch gänzlich in Salpetersäure, und letztere Lösung giebt mit salpetersaurem Silber einen orangefarbenen Niederschlag, der platinsaures Silberoxyd ist (Herschel im *Phil. Mag. Vol. I p.* 58).

Digitized by Google

X. *Ueber die Dimorphie der arsenigen Säure; von F. Wöhler.*

Die Eigenschaft, in zwei ungleichen, nicht auf einander zurückführbaren Formen zu krystallisiren, ist bis jetzt nur bei einer kleinen Anzahl von Körpern beobachtet worden. Unter den einfachen Körpern findet man sie beim Schwefel, welcher das erste Beispiel von Dimorphie darbot, und bis jetzt auch das einzige in dieser Klasse geblieben ist, wenn anders nicht Graphit und Diamant dimorphe Formen vom Kohlenstoff sind. Unter den Oxyden scheint die Titansäure dimorph zu seyn, als Rutil und Anatas; unter den Schwefelmetallen das Doppel-Schwefeleisen, als Schwefelkies und Speerkies; unter den salzartigen Verbindungen zeigen diese Eigenschaft die schwefelsauren Salze von Talkerde, Zinkoxyd und Nikkeloxyd, so wie das honigsteinsaure Ammoniak, und unter den mineralischen Substanzen dieser Klasse bietet die kohlensaure Kalkerde, als Kalkspath und Arragonit, ein wohlbegründetes Beispiel dieser Umlegbarkeit der Atome dar.

In allen den Fällen, wo man bei einer Substanz den Uebergang aus der einen Form in die andere künstlich veranlassen kann, verräth sich diese Erscheinung zunächst durch den Verlust der Klarheit der Krystalle, indem alsdann der Krystall von der einen Form in ein Aggregat vieler Krystallindividuen der anderen Form umgewandelt ist. Diese Erscheinung, den Verlust der Durchsichtigkeit, hat man schon längst bei der geschmolzenen, glasartigen, arsenigen Säure beobachtet, und unter den mancherlei, über die Ursache dieser Veränderung aufgestellten Vermuthungen, möchte diejenige, dafs auch hier eine

dimorphe Umlegung der kleinsten Theilchen stattfinde, die wahrscheinlichste bleiben.

Mag nun für das Arsenikglas diese Erklärung die richtige seyn oder nicht, so scheint doch aus den folgenden Beobachtungen mit Gewifsheit hervorzugehen, dafs in der That die arsenige Säure in zwei verschiedenen, unvereinbaren Formen wirklich krystallisiren kann.

Unter einer Sammlung von Hüttenproducten, die ich der Gefälligkeit des Hrn. Wille auf dem Blaufarbenwerk zu Schwarzenfels in Kur-Hessen verdanke, befand sich auch eine krystallisirte Substanz, die nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit gewöhnlicher arseniger Säure hatte, und sich dennoch, wie ich bald finden konnte, chemisch vollkommen als solche verhielt.

Diese Substanz fand sich in bedeutender Menge bei dem Abbruche eines Kobalt-Röstofens, und war, aus der Art ihres Vorkommens zu schliefsen, durch Sublimation entstanden. Die Massen bestanden aus einem Conglomerat einzelner, nur lose zusammenhängender Krystalle.

Diese Krystalle, meistens von etwa einer Linie Länge, sind farblos, durchsichtig, und besitzen einen ausgezeichneten Perlmutterglanz, der ihnen, bei ihrer dünnen, tafelförmigen Gestalt, ganz das Ansehen von dünnen Stilbitkrystallen giebt. Wie Gyps, sind sie in hohem Grade biegsam, und nach der Richtung ihrer Hauptfläche leicht spaltbar. Sie bilden höchst dünne, sechsseitige Tafeln, welche, wenn sie auch wegen des fast gänzlichen Verschwindens der übrigen Flächen, keine exactere Bestimmung ihrer Form gestatten, doch entschieden zeigen, dafs sie nicht auf eine Form des regulären Systems zurückführbar sind, wozu bekanntlich die gewöhnliche, octaëdrisch krystallisirte, arsenige Säure gehört. Die Verschiedenheit in den äufseren Kennzeichen zwischen diesen beiden Substanzen tritt um so auffallender hervor, da auf den Krystallen der abnormen Varietät hier und da einzelne, wohl ausgebildete Octaëder von gewöhnlicher arseniger Säure aufgewachsen sitzen.

Digitized by Google

Wenn die Verschiedenheit der Form in die Augen springend ist, so ist es noch mehr die Identität in dem übrigen Verhalten zwischen dieser abnormen und der gewöhnlichen arsenigen Säure, um so mehr, da bei allen Versuchen, sie umzukrystallisiren, die erstere wieder in der Form der letzteren, in Octaëdern und Tetraëdern, erhalten wurde. Diefs ist der Fall bei der Sublimation und bei der Krystallisation, sowohl aus ihrer Auflösung in Wasser, als der in Salzsäure. Auf keine Weise wollte es gelingen, sie wieder in der prismatischen Gestalt krystallisirt zu erhalten; auch mufs es, da die näheren Umstände bei ihrer Bildung in dem Röstofen unbekannt sind, vorläufig einem glücklichen Zufall überlassen bleiben, die Bedingungen zu entdecken, welche zur Bildung dieser anderen Krystallform nothwendig sind.

Mit Kohle erhitzt, giebt diese dimorphe arsenige Säure metallisches Arsenik. In Wasser löst sie sich mit derselben Langsamkeit, wie die gewöhnliche, auf. Ihre Auflösung in Alkali giebt mit Silber- und Kupfersalzen dieselben gefärbten Niederschläge, wie die gewöhnliche.

Dieses chemische Verhalten konnte indessen auch eintreten, wenn die abnormen äufseren Eigenschaften nicht auf einer Dimorphie, sondern auf einer Verschiedenheit in der Zusammensetzung beruhten, in der Art, dafs diese Substanz nicht arsenige Säure, sondern eine, der antimonigen Säure proportionale, zwischen arseniger und Arseniksäure liegende, neue Oxydationsstufe des Arseniks wäre. Beim Erhitzen z. B. könnte eine solche zerfallen in arsenige Säure und Arseniksäure, oder, was dasselbe ist, in arsenige Säure und Sauerstoffgas. Allein bei Prüfung dieses Einwurfs fand ich ihn ungegründet. Bei der Sublimation von 5 Grammen dieser Krystalle bildete sich weder anfangs Arseniksäure, noch wurde bei Verflüchtigung der letzten Antheile die geringste Spur von Sauerstoffgas entwickelt.

Durch die Auffindung dieser dimorphen Form der

Digitized by Google

arsenigen Säure scheint noch eine Schwierigkeit gehoben zu werden, welche bisher die Krystallform des Antimonoxyds darbot. Dieses müfste, der Theorie nach, mit der arsenigen Säure isomorph seyn *). Gleichwohl gehört die Form des natürlich vorkommenden Antimonoxyds, des Weifsspiefsglanzerzes, zum zwei-und-zweigliedrigen (prismatischen) System, während die arsenige Säure ein reguläres Octaëder bildet. Aber aus einer approximativen Messung, welche Prof. Mitscherlich mit der dimorphen arsenigen Säure anstellte, scheint nun fast mit Gewifsheit hervorzugehen, dafs die Krystallform dieser Modification in der That dieselbe ist, wie die des Weifsspiefsglanzerzes. Dieses merkwürdige Verhältnifs gewinnt aber noch mehr an Interesse durch den Umstand, dafs man auf der anderen Seite das Antimonoxyd auch in Octaëdern krystallisirt gefunden hat; — eine Beobachtung, die mir von Gust. Rose und Mitscherlich mitgetheilt worden ist, von denen ersterer ein octaëdrisch krystallisirtes Antimonoxyd von Hrn. Zinken besitzt, der es bei der Schmelzung des Schwefelantimons auf der Hütte bei Harzgerode sich bilden sah, so wie Mitscherlich dasselbe Oxyd in derselben Form, von v. Bonsdorff dargestellt, gesehen hat **).

*) In sofern nämlich metallisches Antimon und Arsenik gleiche Krystallform besitzen, eine rhomboëdrische, während die übrigen Metalle (das elektronegative Tellur abgerechnet), so weit wir ihre Krystallisation kennen, dem regulären System angehören. *P.*

**) Ich selbst habe das Antimonoxyd, neben den gewöhnlichen nadelförmigen Krystallen, in deutlichen Octaëdern krystallisirt erhalten, als ich, auf Veranlassung der obigen Beobachtungen, metallisches Antimon längere Zeit beim Zutritt der Luft im Flufs erhielt. Dasselbe war indessen ziemlich stark arsenikhaltig, und wiewohl die erhaltenen Octaëder auf das Bestimmteste als Antimonoxyd, und nicht als arsenige Säure, charakterisirt waren, so waren sie doch von letzterer keineswegs frei. Es bleibt daher noch zu untersuchen übrig, in wiefern die octaëdrische Form des Antimonoxyds von einem unbestimmten, geringen, oder vielleicht auch proportionirten Gehalt an arseniger Säure, oder nur

Aus diesen Thatsachen würde also hervorgehen, daſs ein jedes dieser, auf gleiche Weise zusammengesetzten Oxyde, nämlich Antimonoxyd und arsenige Säure, in zwei dimorphen Formen krystallisiren kann, und daſs jeder der Formen bei dem einen Oxyd eine isomorphe Form bei dem anderen entspricht.

Im Zusammenhang mit diesen Betrachtungen wird die nähere Bestimmung der Krystallgestalten einer, kürzlich von Mitscherlich entdeckten, neuen Reihe von Doppelsalzen, in denen arsenige Säure als Basis die Stelle des Antimonoxyds vertritt, besonderes Interesse gewähren; und wenn auch, wie Mitscherlich gefunden hat, unter diesen Salzen das dem Brechweinstein analoge Kalisalz, mit Kali und arseniger Säure zur Basis, bei gleicher Zusammensetzung und gleichem Wassergehalt mit dem Brechweinstein, dennoch in der Krystallform von diesem abweicht, so möchte man fast die Vermuthung wagen, daſs diese Heteromorphie darin begründet sey, daſs jener Arsenik-Brechweinstein die arsenige Säure von der gewöhnlichen Form, der Antimon-Brechweinstein aber das Antimonoxyd von der prismatischen, und nicht von der octaëdrischen Modification enthalte, oder umgekehrt. Diese Vorstellung, die übrigens so lange ohne Werth bleibt, als sie nicht durch Versuche und Thatsachen bestätigt werden kann, könnte in der sehr bekannten Erscheinung, daſs die klaren Krystalle des gewöhnlichen Brechweinsteins mit der Zeit unklar und bröcklig werden, eine Stütze mehr finden, wenn diese Veränderung nicht von einem Wasserverlust, sondern von einer dimorphen Umlegung der Atome, also vielleicht von einem Uebergang dieser Form in die des Arsenik-Brechweinsteins, abhängig befunden würde.

von der Temperatur bedingt werde. Es wäre möglich, daſs sie als isomorphe Körper in allen Verhältnissen zusammen krystallisiren könnten, und daſs dabei das Antimonoxyd, selbst bei vorwaltender Menge, stets zur Annahme der octaëdrischen Form disponirt würde.

XI. *Ueber die Krystallform des Eisens.*

Ueber die Krystallform des Eisens scheint man noch keine directe Beobachtung zu besitzen. Die Figuren, welche beim Aetzen auf Meteoreisen zum Vorschein kommen, waren, wie ich glaube, die einzige Thatsache, woraus man auf ein reguläres Octaëder schlofs. Die folgende Beobachtung, welche von Hüttenmännern ohne Zweifel sehr häufig bestätigt werden kann, möchte wohl über die wahre Krystallform des Eisens keinen Zweifel lassen.

Bei dem Aufbruche eines ausgeblasenen Hohofens wurden auch die halbverbrannten, etwa zwei Zoll dicken Eisenplatten herausgenommen, welche unter der sogenannten Rast eingemauert liegen. Diese Platten, die also während der ganzen Schmelzzeit einer starken Weifsglühhitze ausgesetzt waren, zeigten beim Zerschlagen ein sehr grofsblättriges, glänzendes Gefüge, um so auffallender, da sie ursprünglich aus einem feinkörnigen, grauen Roheisen gegossen waren. Diese ausgezeichnete Grofsblättrigkeit befand sich vorzüglich mitten im Innern der Masse, und verlor sich nach der Oberfläche zu in's Grob- und Feinkörnige. Bei näherer Betrachtung des blättrigen Gefüges waren häufige rechtwinklige Neigungen der sehr ebenen, glänzenden Flächen zu bemerken, und beim ferneren Zerschlagen war es leicht, viele vollkommene Würfel herauszuspalten, und zwar mehrere von fast einem Zoll Fläche. Diese Würfel besafsen eine, nach ihren Flächen gleiche, eben so vollkommene rechtwinklige Spaltbarkeit wie Bleiglanz, mit dem sie überhaupt täuschende Aehnlichkeit hatten. Durch vorsichtig geleitete Schläge liefsen sie sich leicht in kleinere Würfel und rechtwinklige vierseitige Tafeln spalten.

Nicht minder bemerkenswerth als die Entschieden-

Digitized by Google

heit der Krystallform möchte aber hierbei die Entstehung dieses regelmäfsigen Gefüges seyn, aus einer Masse von feinkörnigem Roheisen, die offenbar nicht flüssig gewesen seyn konnte, und in welcher, ohne diese zur regelmäfsigen Fügung der kleinsten Theilchen in der Regel nothwendige Bedingung, diese dennoch, in Folge des Monate lang anhaltenden glühenden Zustandes, ihre gegenwärtige Lage verändert, und sich regelmäfsig an einander geordnet haben müssen. Auch bestand diese Umänderung nicht in der Bildung von weifsem Roheisen, sogenanntem Spiegeleisen, von dem diese Krystalle in ihrer Farbe und in einem gewissen Grade von Geschmeidigkeit durchaus verschieden waren. Nach diesen beiden Eigenschaften zu schliefsen, möchten sie eher als eine Art Stabeisen, das heifst, als ein mehr kohlefreies Eisen, zu betrachten seyn, wie in der That auch die geringere Menge von Kohle, die sie bei der Auflösung zurückliefsen, auszuweisen schien. Für diese Annahme kann auch der Umstand sprechen, dafs ich dieselbe Krystallisations-Erscheinung bei dicken Stäben aus Schmiedeeisen gesehen habe, die in einem Silberschmelzofen als Rost gedient hatten, also längere Zeit einer anhaltenden Glühhitze ausgesetzt waren.

Eine andere Art der Krystallisation des Eisens hat man Gelegenheit beim Giefsen gröfserer Massen von Roheisen zu beobachten. Ich habe sie namentlich mehrere Male beim Gusse von sehr starken Walzen gesehen, in deren Kern sich beim Erstarren Höhlungen gebildet hatten, die mit schönen Krystallisationen ausgekleidet waren. Die Krystalle, mitunter von zwei Linien Länge, waren Octaëder, oder vielmehr tannenbaumförmige Skelette von Octaëdern, wie man sie öfters auch bei manchen Salzen finden kann, die aber, ungeachtet dieser unvollkommenen Ausbildung, als Octaëder bestimmt charakterisirt waren. Bei der Auflösung hinterliefsen sie eine bedeutende Menge Kohle, gröfstentheils in Gestalt glän-

zender Graphitblättchen, und gaben, aufser Spuren von Schwefel, Phosphor und Mangan, eine Quantität Kieselerde, welche einem Gehalt von $2\frac{1}{2}$ Procent Silicium in diesem Eisen entsprach. Wenn, wiewohl vorauszusetzen ist, diese Einmischungen von Kohlenstoffeisen, Kieseleisen, Phosphoreisen etc. auf die Krystallform des reinen Eisens keinen Einflufs haben, so können jene beobachteten Formen des Würfelsystems, der Würfel und das Octaëder, als die dem Eisen eigenthümlichen anzusehen seyn.

Wöhler.

XII. *Ueber das rothe Phosphoroxyd und eine gewöhnlich als ein Hydrat desselben angesehene Substanz;*

von Hrn. S. Pelouze.

(*Annal. de chim. et de phys. T. L p.* 83. Auszug. Eine vorläufige Anzeige von dieser Arbeit findet sich bereits S. 508 des vorigen Bandes.)

Rothes Phosphoroxyd.

Zur Bereitung desselben, wurde das von Berzelius in seinem Lehrbuch angegebene Verfahren befolgt, nämlich Phosphor in siedendem Wasser geschmolzen, und, mittelst einer Röhre, Sauerstoffgas in denselben geleitet. Dabei verbrennt der Phosphor unter Wasser, und es bildet sich aufser Phosphorsäure, die vom Wasser gelöst wird, Phosphoroxyd, das als leichte zinnoberrothe Flocken in demselben herumschwimmt. Nachdem die Verbrennung unter dem Wasser aufgehört hat, läfst man dieses sich absetzen, giefst die saure Flüssigkeit ab, wäscht das Oxyd und erhitzt es in einem Destillationsapparat, wobei anfangs Wasser und dann der dem Oxyd noch beigemengte Phosphor übergeht. Das in der Retorte zu-

rückgebliebene Oxyd wird gewaschen, um es von der bei der Destillation gebildeten Phosphorsäure zu befreien, und darauf getrocknet. Das zu diesen Versuchen angewandte war durch dreitägiges Stehen im Vacuo neben concentrirter Schwefelsäure getrocknet.

Die Eigenschaften dieses Oxydes sind folgende. Es ist roth, geruch- und geschmacklos, dichter als Wasser, ganz unlöslich in diesem, wie in Aether, Alkohol, fetten und ätherischen Oelen. Es leuchtet nicht im Dunkeln, selbst nicht, wenn man es zwischen zwei so rauhen Körpern, wie Korkstücke, reibt.

An der Luft erhitzt, entzündet es sich erst nahe bei der Rothglühhitze. Eine geringe Menge desselben in eine zur verhältnifsmäfsig grofsen Kugel ausgeblasene Glasröhre gebracht, ertrug die Hitze eines Bades von siedendem Quecksilber eine Viertelstunde lang vollkommen, selbst als Quecksilber in die Kugel geschüttet wurde, wodurch doch, wegen der Verwandtschaft zwischen dem Quecksilber und dem Phosphor, seine Zersetzung hätte befördert werden müssen.

Bei Rothglühhitze verbrennt es an der Luft und verwandelt sich dabei gänzlich in Phosphorsäure. In einer an beiden Enden zugeblasenen Röhre erhitzt, verwandelt es sich in Phosphor, der destillirt, und in Phosphorsäure; eine leicht vorherzusehende Zersetzung.

Schwefelsäure ist in gewöhnlicher Temperatur ohne Wirkung auf dasselbe; erwärmt, bilden sich dabei Phosphorsäure und schweflige Säure.

Salpetersäure und salpetrige Säure wirken ungemein stark darauf, entzünden es nämlich plötzlich unter Verwandlung in Phosphorsäure; diefs ist um so merkwürdiger, als das Oxyd an der Luft weit besser der Hitze widersteht als der Phosphor, auf welchen die Salpetersäure in der Kälte fast ganz wirkungslos ist. Wahrscheinlich ist, dafs die aufserordentliche Stärke dieser Verbrennung von der grofsen Zertheilung des Oxyds herrührt,

Digitized by Google

und dafs der Phosphor dieselbe Erscheinung darbieten würde, wenn es möglich wäre ihn sehr fein zu pülvern *).

In trocknem oder feuchtem Chlorgase entzündet sich das rothe Phosphoroxyd plötzlich, dabei Phosphorsäure und Phosphorchlorid gebend. Mit chlorsaurem Kali in Berührung gebracht, giebt es schon kalt sogleich eine ungemein heftige Detonation. Mit Salpeter verpufft es gleichfalls, doch weniger stark, und erst bei gelinder Erwärmung.

Durch Schwefel wird es erst beim Schmelzen zersetzt, und zwar ohne Verpuffung, die doch mit dem Phosphor so leicht stattfindet. Diesen Versuch, der mich sehr in Erstaunen setzte, sagt Hr. Pelouze, da er mir nicht erlaubte, eine rationelle Erklärung von der Theorie der Phosphorfeuerzeuge zu finden, habe ich mehrmals wiederholt.

Diese Feuerzeuge werden bekanntlich auf die Weise bereitet, dafs man ein Glas- oder Bleirohr zur Hälfte mit Phosphor füllt, denselben mit einem heifsen Eisenstäbchen anzündet, verbrennen läfst, und nun umrührt, bis er erlischt. Hiebei bilden sich Phosphoroxyd und phosphorige Säure, die mit nicht oxydirtem Phosphor gemengt bleiben. Ziemlich allgemein nimmt man an, dafs das Phosphoroxyd brennbarer als der Phosphor sey, und dadurch die Entzündung der in jenes Gemenge getauchten Schwefelhölzer bewirke. Berzelius giebt in seinem Lehrbuch eine andere Erklärung; er meint, es sey die phosphorige Säure, welche durch Anziehung von Wasser und Sauerstoff aus der Luft eine Flamme hervorbringe, die den Schwefel und das Holz anzünde.

Die geringe Kraft, mit welcher das Phosphoroxyd im Vergleich zum nicht oxydirten Phosphor auf den Schwe-

*) Nach Casaseca (*Journ. de Pharmacie Année XVI. p.* 202) soll sich der Phosphor durch Schütteln mit Alkohol von 0,833 in ein sehr feines Pulver verwandeln lassen. Es wäre wohl zu untersuchen, wie viel der Phosphor auf diese Weise an Entzündlichkeit gewönne. *P.*

Digitized by Google

fel und organische Substanzen einwirkt, veranlafste zu untersuchen, ob seine Rolle in den Phosphorfeuerzeugen nicht alleinig darin bestehe, dafs es den Phosphor zertheile. Und wirklich fand sich diefs bestätigt.

In ein enges Glasrohr wurde Phosphor nebst etwas rothem Oxyd gebracht und in einem Wasserbad bis 45° erhitzt. Sogleich schmolz der Phosphor, worauf die Röhre herausgezogen und das Gemenge bis zu seinem Erstarren umgerührt wurde. Die dadurch erhaltene Substanz zündete nicht blofs Schwefelhölzchen an, sondern entflammte auch von selbst an der Luft, als kleine Stückchen mit einem Eisendraht herausgezogen wurden.

Sehr fein gepülverte Kieselerde und mehre andere wirkungslose Substanzen gaben dieselben Resultate. Magnesia, die man bisweilen zur Bereitung dieser Feuerzeuge anwendet, verrichtet ohne Zweifel keine anderen Dienste.

Die Analyse des rothen Phosphoroxyds geschah dadurch, dafs dasselbe durch ziemlich verdünnte (damit die Einwirkung nicht zu stürmisch sey) Salpetersäure oxydirt, die Flüssigkeit mit einem grofsen Ueberschufs von Bleioxyd gesättigt, eingetrocknet, und, um das salpetersaure Salz zu zersetzen, in einem Platintiegel bis zum Rothglühen erhitzt wurde. Da das Gewicht des Phosphoroxyds und des Bleioxyds bekannt waren, so blieb zur Vervollständigung der Analyse nur noch übrig, die Sauerstoffmenge zu bestimmen, welche bei der Umwandlung des Phosphoroxyds in Phosphorsäure absorbirt worden war. Diefs geschah durch Wägung des Tiegels nach dem Glühen *).

Gewicht	Erster Versuch.	Zweiter Versuch.
des Phosphors	0,500	0,635
des Bleioxyds	10,000	10,000
der geglühten Masse	10,970	11,229

*) Der zu diesen Glühungen angewandte Tiegel war nicht angegriffen. Nach jedem Versuch versicherte man sich, dafs weder Mennige noch salpetersaures Bleioxyd vorhanden war.

Digitized by Google

Hiedurch ergab sich für das Phosphoroxyd die Zusammensetzung: 85,5 Phosphor und 14,5 Sauerstoff, Zahlen, welche zu der Formel P^3O führen, wenn man das Atomengewicht des Phosphors =196,142 nimmt, oder zu der Formel P^3O^2, wenn man das alte Atomengewicht, d. h. 392,285, anwendet. Die neueren Versuche des Hrn. Dumas über die Dichtigkeit des Phosphordampfs *) gestatten keine Wahl zwischen diesen beiden Zahlen, wenn man nicht der Annahme entsagen will, dafs die einfachen Gase in gleichem Volume gleiche Anzahl von Atomen enthalten.

Nimmt man also 392,285 als Atomengewicht des Phosphors an, so sind die Sauerstoffverbindungen dieses Körpers folgende:

1 Vol. Phosphor	+ $\frac{2}{3}$ Vol. Sauerstoff	= Rothes Oxyd
1 - -	+1 - -	= Unterphosphorige Säure (nach H. Rose)
1 - -	+3 - -	= Phosphorige Säure
1 - -	+5 - -	= Phosphorsäure.

Phosphorhydrat.

Diese Substanz (nämlich die, mit der sich der Phosphor bei langer Aufbewahrung in Wasser bedeckt), welche man lange für ein wasserhaltiges Phosphoroxyd gehalten hat, ist weifs, geschmacklos und unlöslich in Wasser. An der Luft verbreitet sie denselben Geruch wie der Phosphor, und, wie dieser, leuchtet sie im Finstern. Ihre Dichte ist 1,515 bei +15°.

Kalt mit concentrirter Schwefelsäure in Berührung gebracht, zersetzt sie sich und giebt ihr Wasser an die Säure, während der Phosphor frei wird. Bei und selbst etwas unter 45° zersetzt sie sich gleichfalls in Wasser und Phosphor, der mit allen seinen physischen und chemischen Eigenschaften wieder erscheint. Er enthält nicht

*) Vergl. diese Ann. Bd. XXV (101) S. 396. *P.*

mehr Oxyd als der frisch destillirte Phosphor, und ist ganz durchsichtig.

Um den Wassergehalt dieser Verbindung zu bestimmen, wurde Phosphorhydrat, das auf Josephspapier getrocknet worden, in einer gewägten Glasröhre, die an einem Ende zugeschmolzen, am andern mit einem Korkstöpsel verschlossen ward, bis 50° C. erhitzt und zwar mit Wasser, damit kein Phosphor verbrenne. Nach dem Erkalten wurde das Wasser aus der Röhre entfernt, und der Phosphor durch einen Pfropfen von Fliefspapier getrocknet und abermals gewägt.

Gewicht der Röhre leer =6,370 Grm., mit dem Hydrat =7,310, nach Entfernung des Wassers 7,195. Nach diesem Versuch besteht das Phosphorhydrat aus 100 Th. Phosphor und 14,33 Th. Wasser, oder aus 2 Atomen Phosphor und 1 At. Wasser $=P^2+OH^2$ (wenn man 392,285 als Atomengewicht des Phosphors annimmt).

Die Chemie bietet nur noch ein Beispiel einer solchen Verbindung dar, nämlich im Chlorhydrat *). Nach Hrn. Faraday zerfallen die Krystalle des Chlorhydrats schon bei +4° C. in Chlorgas und Wasser. Zwischen dem Phosphorhydrat und Chlorhydrat ist also eine nicht uninteressante Aehnlichkeit vorhanden. Aus der lockeren Gebundenheit der Bestandtheile dieser Hydrate darf man wohl schliefsen, dafs die Instabilität der Verbindungen des Wassers mit einfachen Körpern der Grund sey, weshalb wir bisher so wenige kennen.

*) Diesseits des Rheins sind zwei solcher Verbindungen bekannt, das *Chlorhydrat* und das von Löwig dargestellte *Bromhydrat* (S. diese Ann. Bd. XVI (92) S. 376); beide unterscheiden sich aber durch ihre Zusammensetzung ($Cl+10\dot{H}$ und $Br+10\dot{H}$) vom Phosphorhydrat, das, wie Hr. Pelouze gezeigt, wenn $P=392,285$ gesetzt wird, $P^2\dot{H}$ ist. Bei der Analogie zwischen dem Phosphor und Arsenik läfst sich vermuthen, dafs es auch von letzterem ein Hydrat gebe. Ob das sogenannte Suboxyd ganz oder theilweis ein Arsenikhydrat sey? *P.*

Digitized by Google

Es war Hrn. Pelouze nicht möglich ein anderes als das bekannte Verfahren zur Bereitung des Phosphorhydrats aufzufinden. Die 5 bis 6 Grm., welche zu diesem Versuche dienten, erhielt er von Hrn. Dumas, und hatten sich im Laufe mehrer Jahre auf Phosphorstangen im Wasser gebildet; sie liefsen sich von dem nicht veränderten Phosphor leicht ablösen. Gegenwart von Luft ist zur Bildung des Phosphorhydrats nicht nöthig. Hr. Robiquet sah es auf Phosphor, der in einem mit ausgekochten Wasser gefüllten Glase mehrere Jahre hindurch verschlossen gestanden hatte. Was die Behauptung betrifft, dafs der mit weifser Rinde bedeckte Phosphor mehr rothes Oxyd bei der Destillation zurücklasse, so ist deren Unrichtigkeit sowohl durch die Eigenschaften als die Zusammensetzung dieser beiden Verbindungen erwiesen *).

XIII. *Notizen.*

Essiggeist. Hr. Dumas hat neuerlich diesen Körper analysirt, und für dessen Zusammensetzung gleiches Resultat wie früher Hr. Prof. Liebig (S. d. Ann. Bd. XXIV S. 290) gefunden, nämlich: 3 Volum. oder 62,44 Proc. Kohlenstoff, 6 Vol. oder 10,20 Proc. Wasserstoff und

*) Bei Nachlesung der verschiedenen Aufsätze über den Phosphor, fand Hr. P. einen im J. 1823 von Hrn. Branchi, Professor in Pisa, bekannt gemachten, worin dieser Chemiker sagt: »Der Phosphor behält in den rothen Strahlen und in den von den Lichtstrahlen gesonderten Wärmestrahlen seine Durchsichtigkeit und färbt sich nicht; nach dem Schmelzen erstarrt er gewöhnlich etwas unterhalb 45° (C?), zuweilen aber, ohne dafs sich dafür eine Erklärung auffinden liefse, erst bei —1°,5.« Ich habe, sagt Hr. P., diesen Versuch oftmals wiederholt, den Erstarrungspunkt aber nicht weiter als bis auf +15° C. herabbringen können.

Digitized by Google

1 Vol. oder 27,25 Proc. Sauerstoff. Die Dichte des Essiggeistes in Dampfgestalt, bei 0° und 760 Millim., ergab sich bei einem Versuche (wo 0,4696 Grm. Flüssigkeit 179 C. C. Dampf lieferten) =2,019, und bei einem andern =1,9989. Die berechnete Dichtigkeit würde 2,020 seyn, und das Gewicht eines Liters Dampf =2,623 Grammen (*Ann. de chim. et de phys. IL p.* 208).

Wasserstoffhyperoxyd. Da das Manganoxyd, welches das Bariumhyperoxyd enthält, wenn es durch Glühen des salpetersauren Baryts in Porcellanretorten bereitet worden ist, leicht einen großen Sauerstoffverlust bei Bereitung des oxydirten Wassers veranlaßt, so giebt Hr. Thénard deshalb folgende Vorschrift. Man löse das Bariumhyperoxyd, am besten durch Zerreiben in einer mit Eis umgebenen Platinschale, in Chlorwasserstoffsäure auf, setze auf 100 Th. des Hyperoxyds höchstens 2 bis 3 Th. Phosphorsäure hinzu, und übersättige mit fein zertheiltem angefeuchteten Hyperoxyd. Dadurch werden Kieselerde und Thonerde, nebst phosphorsaurem Eisen- und Manganoxyd niedergeschlagen. Nachdem dieser Niederschlag durch Leinwand oder Papier abgeseiht worden ist, setze man schwefelsaures Silberoxyd, erhalten durch Glühen von salpetersaurem Silber mit Schwefelsäure in einem Platintiegel, so lange unter fortwährendem Umrühren mit einem Glasstab hinzu, bis das Chlorbarium fast oder ganz vollständig zersetzt ist, lasse die Flüssigkeit dann sich setzen und seihe sie durch Leinwand. Es ist jedoch vortheilhaft etwas Schwefelsäure in der Flüssigkeit zu lassen, die man dann nach der Abseihung durch einige Tropfen Barytwasser entfernen kann. Nach nunmehriger Filtration durch Papier und Abdampfung unter der Glocke der Luftpumpe erhält man ein Wasser, welches das 60- bis 80fache seines Volumens an Sauerstoff enthält (*Ann. de chim. et de phys. T. L p.* 80. — Eine andere Bereitungsart des oxydirten Wassers ist bekanntlich neuerdings von Pelouze (Ann. Bd. XXV S. 508) und

eine leichte Darstellungsweise des Bariumhyperoxyds von Liebig und Wöhler (Ann. XXIV S. 172) angegeben.

Jodsaures Kali — zweifelsohne, wie nach Liebig das jodsaure Natron, ein gutes Scheidemittel für Baryt und Strontian (Ann. Bd. XXIV S. 362) — läſst sich, nach Henry, dadurch leicht bereiten, daſs man 1 Th. Jodkalium in einem geräumigen hessischen Tiegel schmilzt, dann vom Feuer entfernt, und in dasselbe, wenn es noch halbflüssig ist, $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{2}{3}$ Th. chlorsaures Kali portionenweis unter Umrühren schüttet. Die Masse wird sogleich flüssig, schwillt unter Aufbrausen auf, verdickt sich dann, wird weiſs, trüb und blasig. Man läſst sie nun erkalten, nimmt sie aus dem Tiegel, und löst sie in heiſsem Wasser, aus dem dann durch Erkalten und durch Zusatz von Alkohol das jodsaure Kali, wie es eine Analyse zeigte, rein erhalten werden kann. — Aus dem jodsauren Kali läſst sich leicht jodsaurer Baryt, und aus diesem durch Schwefelsäure, wie Liebig gezeigt, mit Vortheil Jodsäure bereiten. — Salpeter, salpetersaurer Baryt und Barythyperoxyd oxydiren das Jodkalium auf obige Art nur zu einem kleinen Theil. Jodnatrium mit chlorsaurem Kali erhitzt, giebt ein wenig jodsaures Kali. (*Journ. de Pharm.* 1831, *p.* 345.)

Jodbarium und *Jodstrontium* bereitet Henry, indem er Schwefelbarium oder Schwefelstrontium, auf trocknem Wege erhalten (das beste Verfahren dazu s. d. Ann. Bd. XXIV S. 364), in Wasser löst, und so lange mit gesättigter alkoholischer Jodlösung versetzt, als noch ein weiſser, milchiger Niederschlag entsteht, darauf die Flüssigkeit durch ungeleimtes Papier filtrirt und abdampft. (*Journ. de Pharm.* 1831, *p.* 134.)

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1832, ZEHNTES STÜCK.

I. *Ueber eine eigenthümliche Klasse akustischer Figuren, und über gewisse Formen, welche Gruppen von Theilchen auf schwingenden elastischen Flächen annehmen;*

von Hrn. M. *Faraday.*

(*Philosoph. Transact. f.* 1831, *p. II p.* 299. Hiezu Taf. VI.)

1) Die schöne, von Chladni entdeckte und ausführlich untersuchte Reihe von Gestalten, welche Sand, Feilicht und andere Körner auf schwingenden Platten annehmen, sind so auffallend, daſs Jeder, der sie nur einigermaſsen gesehen hat, sich derselben erinnern wird. Sie bezeichnen die ruhenden Theile der Platten und versichtbaren die sogenannten Knotenlinien.

2) Späterhin hat Chladni beobachtet, daſs das Schabsel von den Haaren des zur Erregung der Klangfiguren gebrauchten Violinbogens sich nicht auf die Knotenlinien begiebt, sondern sich auf den stärksterschütterten Theilen, d. h. auf den Mittelpunkten der Oscillationen anhäuft. Wenn so z. B. eine quadratische horizontal gehaltene Glastafel im Mittelpunkt fest geklemmt, und durch Streichen mit dem Bogen in der Mitte einer der Seiten

Digitized by Google

in Schwingungen versetzt wird, um den möglichst tiefsten Ton hervorzubringen, so nimmt der auf die Tafel gestreute Sand die Form eines diagonalen Kreuzes an; während das leichte Schabsel sich in der Mitte der vier Stücke zusammenballt, da wo die Vibrationen am heftigsten und die Ausbiegungen am gröfsten sind.

3) Viele andere Substanzen zeigen dieselbe Erscheinung. Lycopodium, welches von Oersted als leichtes Pulver angewandt wurde, bringt dieselbe sehr gut hervor. Diese Bewegungen des Lycopodiums sind ganz verschieden von denen, welche dieselbe Substanz auf longitudinal erzitternden Platten oder Stäben zeigt.

4) Im August 1827 las Hr. Savart in der Pariser Academie einen Aufsatz vor *), in welchem er aus den Formen, welche leichte Pulver auf diese Weise annehmen, gewisse wichtige Schlüsse in Bezug auf die Unterabtheilung schwingender tönender Körper herleitete. Die Anordnung des Sandes in Linien bei Chladni's Versuchen zeigt eine Zerfällung der tönenden Platten in Theile, die sämmtlich isochron vibriren, und den nämlichen Ton hervorbringen. Diefs ist die hauptsächlichste Theilungsart. Das zarte Pulver, welches an denselben Stellen, wo der Sand ruht, auch ruhen kann, und sich überdiefs an anderen Stellen anzuhäufen vermag, giebt eine Figur, die verwickelter ist als die von Sand allein, aber so mit dieser zusammenhängt, dafs »wenn, wie Hr. Savart bemerkt, die erstere gegeben ist, die andere mit Sicherheit vorhergesagt werden kann, woraus folgt, nicht nur, dafs ein tönender Körper der Sitz vieler über einander greifender Theilungsarten ist, sondern auch, dafs es unter allen diesen Theilungsarten immer zwei giebt, welche deutlicher hervortreten als alle übrigen. Es ist meine Absicht in gegenwärtiger Abhandlung diese Thatsache aufser allen Zweifel zu setzen und die Gesetze derselben zu studiren.«

*) *Annales de chimie et de physique*, T. *XXXVI p.* 187.

Digitized by Google

Hr. Savart schreitet dann zur Aufstellung einer secundären Theilungsart in kreisrunden, rechteckigen, dreiseitigen und anders gestalteten Platten, in Stäben, Ringen und Membranen. Diese secundäre Theilungsart ist durch die Figuren von Lycopodium oder andern leichten Pulvern angedeutet, und meines Wissens ist ihr Daseyn bloſs aus diesen Figuren vermuthet oder vielmehr hergeleitet. Daher zum Theil die Wichtigkeit, welche ich auf den gegenwärtigen Aufsatz lege. Eine secundäre Theilungsart, die der primären so untergeordnet wäre, daſs sie von dieser immer superponirt würde, könnte auf einige Punkte der Theorie vibrirender Platten von groſsem Einfluſs seyn; ihr Daseyn zu erweisen, ist daher eine Sache von Wichtigkeit. Ist aber ihr Daseyn, ungeachtet es von einer so hohen Autorität als Savart angenommen worden ist, ungegründet, so hat der Beweis ihrer Nichtexistenz einen eben so groſsen Werth.

6) Die wesentlichen Erscheinungen, so weit ich sie beobachtet habe, sind folgende. Die zuvor (2) erwähnte Platte, welche drei oder vier Quadratzoll halten mag, werde in horizontaler Lage eingeklemmt, gehalten von einer zweckmäſsig geformten Pincette, deren Enden, wo sie das Glas berühren, in zwei Korkstücken auslaufen; dann streue man Lycopodium auf die Platte, und streiche mit einem Violinbogen an der Mitte des einen Randes herunter, um einen klaren, vollen Ton hervorzubringen. Sogleich wird das Pulver gegen die vier Ränder hin in Erschütterung versetzt, während es gegen die beiden Linien des diagonalen Kreuzes hin fast oder ganz in Ruhe bleibt. Wiederholt man das Streichen mit dem Bogen mehre Mal, so sammelt sich ein wenig von dem losen Pulver, besonders von den kleineren Massen, auf den diagonalen Linien, und zeigt dadurch in einer der von Chladni entdeckten Figuren zugleich die Haupttheilungsart der Platte. Das Meiste von dem auf der Platte bleibenden Pulver sammelt sich jedoch in vier Häufchen nahe am

13 *

Rande der Platte und offenbar in der Nähe des Orts der gröſsten Erschütterung. So lange die Platte stark vibrirt (und folglich tönt) bilden diese Häufchen eine etwas verworrene Wolke, welche sich mit ungemeiner Schnelligkeit in sich selbst bewegt; so wie aber die Vibrationen schwächer werden, ziehen sich diese Wolken beträchtlich zusammen und setzen dann vier Gruppen ab, von denen jede aus einem, zwei oder mehren hemisphärischen Häufchen besteht (53), welche sich in einem ungewöhnlichen Zustande befinden; denn in jedem Häufchen steigt das Pulver in der Mitte in die Höhe und fällt nach allen Seiten hin wieder zu Boden, um hier auf's Neue in die Masse einzutreten und in der Mitte in die Höhe zu steigen; dieſs dauert so lange als die Platte vibrirt. Versetzt man die Platte in starke Vibrationen, so brechen diese Häufchen sogleich auf, indem sie in die Luft geschleudert werden, und Wolken bilden, welche sich wie zuvor ablagern; wenn aber die Platte durch ein gemäſsigteres Streichen mit dem Bogen in schwächere Vibrationen versetzt wird, so gerathen die hemisphärischen Häufchen in Bewegung, ohne sichtbar von der Platte getrennt zu werden, und oft wandern sie langsam auf die ruhenden Linien zu. Wenn ein oder mehre Häufchen auf diese Weise von der Stelle, wo sich immer die Wolken bildeten, fortgerückt sind, und man streicht dann kräftiger mit dem Bogen, so daſs die Wolken sich heben, so sieht man, daſs diese Häufchen sich rasch verkleinern, indem die Theilchen, aus denen sie bestehen, aus einander stieben und in einem Strom über dem Glase zurückfliegen zu den sich bildenden Wolken, welche sich zuletzt auf die frühere Weise in vier Gruppen oder Häufchen absetzen. Diese Erscheinungen lassen sich beliebig oft wiederholen, und es ist klar, daſs die vier Stücke, in die man sich die Platte durch die diagonalen Linien getheilt denken kann, Wiederholungen einer und derselben Wirkung sind.

7) Die Gestalt der Häufchen und die wirbelnde Bewegung, welche sie erlangen, hängen von der Adhäsion der Theilchen zu einander und zu der Platte ab, so wie von der Wirkung der Luft oder des umgebenden Mittels. Wir werden späterhin (53) auf sie zurückkommen. Hier ist Aufgabe: zu bestimmen, auf welche Weise zarte Theilchen nicht blofs auf den Mittelpunkten der Oscillationen oder der gröfsten Erschütterung liegen bleiben, sondern sogar auf sie hingetrieben werden, und zwar mit desto gröfserer Kraft, als die Vibrationen kräftiger sind.

8) Die einzige nothwendige Bedingung für das Gelingen des Versuchs besteht darin, dafs die erschütterte Substanz ein sehr zartes oder leichtes Pulver darstelle. Zartes Schabsel von einer Pose, auch wenn die Späne $\frac{1}{8}$ Z. und länger sind, zeigen die Erscheinung. Chemisch reine und fein zertheilte Kieselerde kommt dem Lycopodium in der Schönheit der Figuren auf den schwingenden Theilchen gleich, obschon dieselbe Substanz als Sand oder schwere Theilchen nach den Ruhelinien wandert. Zinnoxyd, Mennige, Schwerspath und andere schwere Substanzen, wenn sie sehr fein gepülvert sind, ballen sich auch an den vibrirenden Theilen zusammen. Hieraus folgt, dafs die Natur der Pulver nichts zu thun habe mit der Anhäufung an den Erschütterungsmittelpunkten; nur müssen sie trocken und sehr zart seyn.

9) Die Ursache dieser Erscheinung scheint mir erstlich in dem Medium zu liegen, in welchem die vibrirende Platte und das Pulver sich befinden; alle von mir und auch alle von Hrn. Savart angestellten Versuche stimmen mit dieser Ansicht. Wenn eine Platte in Vibration versetzt wird (2), so entstehen in der Luft über der Oberfläche der Platte Ströme, welche von den Ruhelinien zu den Mittelpunkten oder Mittellinien der Vibration, d. h. zu den Punkten der gröfsten Ausbeugung, ge-

Digitized by Google

hen, und, nachdem sie mehr oder weniger weit über die Platte hinausgeschritten sind, zu den Ruhelinien zurückkehren. Die Schnelligkeit dieser Ströme, der Abstand zu dem sie sich an den Oscillationsmittelpunkten oder an irgend einem andern Punkt von der Platte erheben, das Ineinanderfliefsen der dahinströmenden und zurückkehrenden Luft, das Vermögen, leichte oder schwere Theilchen fortzuführen, und zwar mit gröfserer oder geringerer Schnelligkeit oder Kraft, hängen ab von der Intensität oder Kraft der Vibrationen, von dem Medium, in welchem sich die vibrirende Platte befindet, von der Nähe des Oscillationsmittelpunkts an dem Rande der Platte, und von andern Umständen, welche, wie ein oder ein Paar einfacher Versuche zeigen wird, einen grofsen Einfluſs auf die Erscheinungen ausüben müssen.

10) Diese Ströme sind so mächtig, dafs bei kräftigen Schwingungen die Platte um 5°, 6° oder 8° gegen den Horizont geneigt werden kann, ohne dafs die sich zusammenballenden Wolken von ihrer Stelle weichen. So wie die Schwingungen schwächer werden, schreiten die kleinen aus der Wolke gebildeten Häufchen den Abhang herab; so wie man aber die Schwingungen verstärkt, zerstreuen sie sich, indem sie auf der geneigten Ebene in die Höhe steigen und wiederum in die Wolke treten. Diefs fand statt, wenn weder Sand noch Feilicht auf den Ruhe- oder Knotenlinien liegen zu bleiben vermochte. Nichts konnte auf der Platte liegen bleiben als die Theile, welche so fein waren, dafs sie von den Strömen beherrscht wurden, welche (wenn sie überhaupt vorhanden sind) offenbar bei jeder Lage der Platte vorhanden seyn werden.

11) Hr. Savart scheint den Grund, weshalb das Pulver sich an den Oscillationsmittelpunkten zusammenballt, darin zu setzen, »dafs bei sehr grofser Amplitude der Oscillationen die Mitte jedes Oscillationscentrums der einzige Ort sey, wo die Platte beinah eben und horizontal bleibt, wo also auch das Pulver vereinigt bleibt, wäh-

Digitized by Google

rend links und rechts von diesem Punkt die Fläche geneigt wird, mithin die Theilchen des Pulvers daselbst nicht liegen bleiben können. Allein die Neigung, welche der Platte so eben absichtlich gegeben ward, ist viele Mal gröfser als die, welche irgend ein Theil beim Vibriren in horizontaler Lage erlangt. Diefs beweist, dafs die Horizontalität irgend eines Theils der Platte nicht die Ursache ist, dafs das Pulver sich daselbst anhäuft, wiewohl sie das Liegenbleiben daselbst nach der Anhäufung begünstigen mag.

12) Geleitet durch die Idee, was sich wohl ereignen möchte, wenn die eben bezeichnete Ursache die richtige sey, wurden unter vielen andern Versuchen die folgenden angestellt. Ein Stück Karte, 1 Zoll lang und $\frac{1}{4}$ Zoll breit, wurde mit weichem Kitt auf der Fläche der Platte nahe an einem Rande befestigt, die Platte wie zuvor in der Mitte gehalten, Lycopodium oder zarte Kieselerde auf dieselbe gestreut, und die Mitte des andern Randes mit dem Bogen gestrichen. Sogleich rückte das Pulver dicht an die Karte, und die Stelle der Wolke kam dem Rande viel näher als zuvor. Fig. 1 Taf. VI stellt diese Anordnung vor. Die diagonalen Linien sind die, welche von Sand gebildet worden wären; die Linie an der oberen Seite *a* bezeichnet die Stelle der Karte und das × an der rechten die Stelle, wo mit dem Bogen gestrichen wurde. Gegen eine zweite Karte, die wie in *b* angebracht wurde, schien das Pulver ganz oder fast gleichgültig zu seyn, und zuletzt häufte es sich so an, wie in der ersten Figur. Die Stelle der Wolke, wenn keine Karte zugegen war, ist durch *c* bezeichnet.

13) Nun wurden Kartenstücke von den drei in Fig. 2 abgebildeten winkligen Formen auf der Glastafel befestigt, und die Platte darauf zum Vibriren gebracht. Ungeachtet die Winkel bei drei Versuchen eine verschiedene Lage besafsen, ging das Pulver jetzt immer in dieselben hinein, vollkommen mit der Idee von mehr oder

weniger durch die Karte aufgefangenen Strömen übereinstimmend. Wenn zwei Kartenstücke wie in *a* Fig. 3 auf der Platte befestigt wurden, ging das Pulver in den Winkel hinein, aber nicht bis zum Rand der Platte, sondern blieb etwa $\frac{1}{8}$ Zoll von demselben entfernt. Wurde aber diese Oeffnung verschlossen, wie in *b*, so ging das Pulver ganz in die Ecke hinein.

14) Als die zwei Kartenstücke wie in *c* Fig. 3 befestigt wurden, häufte sich zwischen ihnen das Pulver in der Mitte sehr nahe eben so an, wie wenn keine Karte da gewesen wäre; allein aufserhalb der Karten legte es sich dicht gegen sie an, und rückte auf seinem Wege bis zu der Mitte vor, aber nicht weiter.

15) Bei allen diesen Versuchen wurde der Ton etwas vertieft; allein das Kreuz wurde nicht verändert, und die leichten Pulver häuften sich auf den andern drei Stücken der Platte gerade so an, wie wenn auf der vierten keine Wand von Karte da gewesen wäre. Es war also kein Grund zu der Annahme vorhanden, dafs die Schwingungsart der Platte gestört worden wäre; allein die Pulver schienen durch Ströme fortgeführt worden zu seyn, die durch die Karte aufgefangen oder in beliebige Richtung gebracht werden konnten.

16) Als ein Stück Goldblatt auf die Platte Fig. 4 gelegt wurde, so dafs es nicht über den Rand herabhing, war der Luftstrom gegen den Mittelpunkt der Vibration sehr schön zu sehen; denn vermöge seiner Kraft drang die Luft von allen Seiten unter das Goldblatt, und hob es in Gestalt einer Blase in die Höhe. Der Theil des Goldblatts, welcher der Mitte des Orts der bei Anwendung von Sand sich bildenden Wolke entsprach, war oft $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{12}$ Zoll vom Glase entfernt. Lycopodium oder ein anderes zartes Pulver, das ringsum den Rand des Goldblatts gestreut worden war, wurde durch die eindringende Luft fortgeführt und darunter angehäuft.

17) Als Kieselerde auf den Rand einer andern Glas-

Digitized by Google

tafel, oder eines Buchs, oder eines Holzklotzes gestreut und die vibrirende Platte diesem Rande möglichst nahe gebracht wurde (Fig. 5), flog ein Theil der Kieselerde auf die Platte und häufte sich daselbst auf die gewöhnliche Weise an, wie wenn mitten unter allen Lufterschütterungen in der Nachbarschaft der beiden Ränder doch ein Strom gegen den Vibrationsmittelpunkt, sogar von nicht selbst vibrirenden Körpern her, vorhanden war.

18) Als eine lange Glastafel durch Stege oder Schnüre an den beiden Knotenlinien, Fig. 6, unterstützt, und darauf in Vibration versetzt wurde, sammelte sich Lycopodium in drei Abtheilungen. Das zwischen den beiden Knotenlinien ging nicht plötzlich auf eine gleich weit von den Knotenlinien entfernte und ihnen parallel liegende Linie über, sondern rückte von den Rändern der Platte gegen die Mitte in Bahnen vor, die etwas gekrümmt waren, und nahe an den Knotenlinien schief gegen die Ränder standen, an allen übrigen Punkten aber senkrecht gegen sie. Allmälig bildete das Pulver eine Linie längs der Mitte der Platte, und nur wenn der Versuch einige Zeit fortgesetzt wurde, sammelte es sich in einem Haufen oder einer Wolke mitten zwischen den Knotenlinien. Als aber Kartenwände auf dieser Tafel wie in Fig. 7 befestigt wurden, war der Gang des Pulvers innerhalb der Karten diesen und dem Rande parallel, statt senkrecht zu seyn, und auch direct gegen den Mittelpunkt der Oscillation. Um zu beweisen, dafs die Karte nicht durch ihr Gewicht, sondern als Hindernifs für die gebildeten Luftströme wirkte, wurde sie nicht von ihrer Stelle genommen, sondern flach nach aufsen gebogen; nun nahm das feine Pulver genau seinen Lauf so, wie wenn keine Karte auf der Platte vorhanden wäre. Nach Fortnahme der Karte traten die früheren Erscheinungen wieder ein.

19) Lycopodium, das auf die Enden einer solchen Platte gestreut worden ist, begiebt sich auf Stellen, die von den Seiten gleichweit abstehen und den Enden nahe

liegen, wie in *a*, Fig. 8 Taf. VI. Kittet man aber ein Stück Papier auf den Rand, so daſs in *b* eine Mauer von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Zoll Höhe gebildet wird, so schreitet das Pulver augenblicklich auf dieselbe zu, und behält diesen neuen Platz. Auf einer längeren schmalen Platte, die ähnlich vorgerichtet worden war, lieſs sich das Pulver nach der Mitte oder nach einem der Ränder führen, je nachdem man die papiernen Auffanger des Luftstroms angebracht hatte.

20) Zinnplatten, 4 bis 5 Zoll lang, und 1 bis 2 Zoll breit, welche an einem Ende in horizontaler Lage wohl befestigt und durch die Finger in Schwingungen versetzt worden sind, zeigen das Fortschreiten der Luft und der leichten Pulver gut. Die Schwingungen haben hier verhältniſsmäſsig eine ungeheure Gröſse, und daher sind die Erscheinungen weit belehrender.

21) Läſst man eine Stimmgabel vibriren, während man sie horizontal, mit der breiten Seite der einen Zinke nach oben hält, und streut etwas Lycopodium auf dieselbe, so kann man das Anhäufen des Pulvers zu einer Wolke längs der Mitte, und die Bildung der wirbelnden Häufchen, ebenfalls längs einer Linie in der Mitte des vibrirenden Stahlstabs, sehr schön beobachten. Wenn man aber ein Stück Papier mit Wachs an die Seite des Limbus klebt, so daſs es wie in dem vorhergehenden Versuch (19) eine über denselben hervorragende Wand bildet, so wird sich das Pulver dicht an das Papier legen, und wenn man mehre Papierstücke an verschiedene Stellen derselben Zinke befestigt, so wandert das Pulver an diesen Stellen gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen.

22) Membranen zeigen und erläutern die Erscheinungen ungemein gut. Ein Stück Pergament wurde feucht über die 5 bis 6 Z. im Durchmesser haltende Mündung eines Trichters ausgespannt und darauf festgebunden, dann in der Mitte derselben ein kleines Loch gemacht, und

Digitized by Google

ein Pferdehaar durchgezogen, das durch ein Knötchen am Ende darin festgehalten wurde. Um die Membrane nach Belieben mit mehr oder weniger Kraft in Bewegung setzen zu können, wurde der Trichter in aufrechter Stellung befestigt, und der mit Harz bestreute Daum und Zeigefinger an dem Haar in die Höhe geführt. Wollte man die Kraft nach Umständen in entgegengesetzter Richtung anwenden, so setzte man den Trichter in einen Ring, zog das Haar in umgekehrter Richtung durch das Loch in der Membrane, und führte die Finger an demselben hinab.

23) Bei Aufstreuung von Lycopodium oder einem andern leichten Pulver konnte man die Schnelligkeit seiner Wanderung nach der Mitte, die daselbst gebildete Wolke, die wirbelnden Häufchen und mehre andere Umstände sehr bequem betrachten.

24) Die Ströme, welche ich auf der Oberfläche von Platten, Membranen u. s. w. als vorhanden annehme, und zwar von den ruhenden Theilen nach den Punkten oder Linien der gröfsten Ausbeugung hin, entstehen nothwendig aus der mechanischen Wirkung dieser Oberfläche auf die Luft. So wie nämlich ein Theil der Oberfläche im Laufe seiner Vibration sich aufwärts bewegt, treibt er die Luft aus der Stelle und theilt ihr, senkrecht oder nahe senkrecht gegen die vibrirende Fläche, einen gewissen Grad von Kraft mit; so wie er im Laufe der Vibration rückwärts geht, weicht er auch von der so fortgestofsenen Luft zurück, und folglich strebt diese in das hiedurch entstandene theilweise Vacuum einzudringen. Da aber von zwei benachbarten Luftportionen diejenige über dem näher am Oscillationscentrum liegenden Theil der Platte weiter fortgestofsen wird als die andere, weil der sie fortstofsende Theil der Platte sich mit gröfserer Geschwindigkeit und durch einen gröfseren Raum bewegt, so kann sie nicht so schnell zurückkehren als die andere näher an der Ruhelinie liegende, welche daher in ihre

Stelle tritt. Diese Wirkung wird noch dadurch verstärkt, dafs die so vertriebene Luft aus ähnlichen Gründen in demselben Moment in die Stelle getrieben wird, welche die näher am Oscillationscentrum liegende Luft leer gelassen hat; so dafs jedesmal, wenn die Platte von der Luft zurückweicht, ein Verrücken der unmittelbar über ihr befindlichen Luft von den ruhenden Plattentheilen gegen die vibrirenden hin stattfindet.

25) Offenbar ist dieser Strom sehr geeignet, leichte Pulver nach dem Oscillationscentrum zu führen. Während die Luft vorwärts getrieben wird, werden die Pulvertheilchen durch die vorrückende Platte festgehalten; wenn aber die Platte zurückweicht, werden die Theilchen nicht mehr von derselben unterstützt, und daher von den Luftströmen fortgeführt.

26) Die auf solche Weise gegen das Oscillationscentrum getriebene Luft mufs auf anderem Wege zu den Ruhelinien zurückkehren, und so einen Strom bilden, der entgegengesetzte Richtung wie der erste hat, und sich mehr oder weniger mit ihm vermengt. Ich bemühte mich, auf verschiedene Weisen die Erstreckung dieses Systems von Strömen sichtbar zu machen. Bei dem schon erwähnten Versuch, wo ein Goldblatt über dem Oscillationscentrum (16) aufgehängt war, vermochte der aufsteigende Strom an der kräftigsten Stelle diefs Goldblatt etwa einen Zehntel-Zoll von der Platte abzuheben. Je höher die Töne, d. h. je zahlreicher die Oscillationen, bei derselben Platte oder Membrane sind, desto weniger ausgedehnt mufs die Reihe der Ströme seyn; je langsamer die Vibrationen oder je gröfser durch Verstärkung der Kraft die Ausbeugungen der Theile sind, desto weiter verbreitet sich auch die Störung. Bei Glasplatten (2, 12) ist die Wolke desto höher und breiter, je stärker die Vibrationen sind, doch nicht so ausgedehnt wie auf einer ausgespannten Membrane (22), wo man häufig die Wolke in der Mitte aufsteigen und nach den Seiten hinfliegen sieht.

Digitized by Google

27) Setzt man die über den Trichter (22) ausgespannte Membrane durch das herabwärts geführte Pferdehaar in Vibration, und bringt eine weite Glasröhre, z. B. ein cylindrisches Lampenglas, nahe an das Vibrationscentrum, so läfst sich kein Zeichen von einem durch das Lampenglas gehenden Strom wahrnehmen; obgleich sich horizontale Ströme durch ihre Wirkung auf leichtes Pulver in auffallendster Weise zu erkennen geben, denn es fliegt rascher unter den Rand und strebt sich gegen die Axe der Röhre anzuhäufen; es kann sogar ein wenig aus seinem Fluge gegen das Oscillationscentrum abgelenkt werden. Ein aufrechtes Stück Papier, das mit seinem Rande eben so dicht über der Membrane gehalten wird, thut nicht dieselbe Wirkung, wohl aber sogleich, so wie man es zu einer Röhre aufrollt. Wenn der Glas-Schornstein sorgfältig, und in einem nur kleinen Abstand von der Membrane aufgehängt wird, so sammelt sich das Pulver oft an dem Rande und wirbelt hier herum, als Anzeige einer complicirten Wirkung zwischen den Strömen und dem Raum unter der Dicke des Glases, doch auch als Beweis des Einflusses der Luft auf die Anordnung und Lagerung des Pulvers.

28) Ein Stück Zeichenpapier wurde über einen Rahmen ausgespannt, so dafs es eine elastische Fläche von nahe drei Fufs Länge auf zwei Fufs Breite bildete. Als diefs in horizontaler Lage mit einem Löffel voll Lycopodium bestreut und darauf mit den Fingern stark von unten geschlagen wurde, stellten sich die Erscheinungen des Anhäufens an dem Vibrationscentrum und der bewegten Häufchen in einem vortrefflichen Maafsstabe ein. Wurde das Lycopodium gleichmäfsig auf die Fläche vertheilt, und irgend ein Theil des Papiers sanft mit den Fingern geklopft, so liefs sich an jeder beliebigen Stelle das Lycopodium durch blofses Darüberhalten des Lampenglases daselbst sammeln. Es wird überflüssig seyn, in die Einzelheiten der bei diesen Vorgängen sich verei-

Digitized by Google

nigenden Wirkungen einzugehen; aus der Art, wie man sie abändern kann, geht hinreichend hervor, dafs sie von Luftströmen abhängen.

29) Eine sehr interessante Reihe von Erscheinungen zeigte zich, als Pergament, das über einen Trichter (22) ausgespannt war, unter Platten in Vibration versetzt ward. Das Pferdehaar war herabwärts geführt, und die Membrane, nach Bestreuung mit einem leichten Pulver, mit einer auf dem Rand des Trichters ruhenden Glasplatte bedeckt. Beim Vibriren der Membrane sammelte sich das Pulver mit gröfserer Schnelligkeit als ohne die Platte, und statt halbkugelförmige sich bewegende Häufchen zu bilden, ordnete es sich in linearen Formen, die alle mit dem Vibrationscentrum concentrisch waren. Waren die Vibrationen stark, so nahmen diese Figuren eine wirbelnde Bewegung an, wobei sie, dicht über der Membran, gegen den Mittelpunkt, und, dicht unter dem Glase, von ihm abrollten, zum deutlichsten Beweise der Gegenwart von doppelten Strömen zwischen dem Glase und der Membrane. Mit kohlensaurer Magnesia ist diese Erscheinung ebenfalls gut zu sehen.

30) Zuweilen, wenn die Platte sehr dicht an der Membrane gehalten wurde, und die Vibrationen langsam und grofs waren, wurde das Pulver gänzlich an dem Rande herausgeblasen; denn dann wirkte die ganze Vorrichtung als ein Blasebalg, und da die eindringende Luft eine weit geringere Geschwindigkeit als die ausgestofsene Luft besafs, und die Kräfte der Ströme sich wie die Quadrate der Geschwindigkeit verhalten, so führte die austretende Luft das Pulver mit gröfserer Kraft fort als die eintretende, und stiefs es zuletzt heraus.

31) Eine dünne Glimmertafel lose auf die vibrirende Membrane gelegt, zeigte die rotirenden concentrischen Linien ungemein gut.

32) Aus diesen Versuchen mit Platten und Flächen, die in der Luft vibrirten, erhellt, dafs die Formen, wel-

Digitized by Google

che leichte Pulver durch ihre Wanderung zu den Punkten der stärksten Vibration annehmen, nicht von einer secundären Theilungsart, oder von einer unmittelbaren und eigenthümlichen Wirkung der Platten, sondern von Luftströmen abhängen, die sich nothwendig über der Oberfläche dieser Platte bilden müssen. Unter diesem Gesichtspunkt mufs die Natur des Mittels, in welchem diese Ströme gebildet werden, einen grofsen Einflufs auf die Erscheinungen haben; denn der einzige Grund, weshalb Kieselerde als Sand sich auf die Ruhelinien begiebt, während dieselbe Erde als feines Pulver von diesen Linien fortgeht, liegt darin, dafs die Theilchen in ihrer ersten Form durch die Vibrationen über die Luftströme hinaus geworfen werden, oder, wenn sie auch noch in deren Bereich bleiben, doch zu schwer sind, um von ihnen weggeführt zu werden; während sie in ihrer zweiten Form, ausgenommen nahe beim Hauptort der Oscillationen, nicht zum unteren Strom hinausgeworfen werden, und so leicht sind, dafs sie von den Strömen, in welcher Richtung diese auch gehen, fortgeführt werden.

33) Unter der geleerten Glocke der Luftpumpe dürfen sich also die Erscheinungen nicht so zeigen wie in der Luft; denn da die Kraft der Ströme hier ungemein geschwächt ist, so müssen die leichten Pulver dieselben Gestalten wie die schwereren Körner in der Luft annehmen. Andererseits läfst sich mit allem Grund erwarten, dafs in dichteren Mitteln als Luft, z. B. in Wasser, schwerere Pulver, wie Sand und Feilicht, die Stelle der leichteren Pulver in der Luft vertreten, und wie diese von den ruhenden zu den schwingenden Theilchen fortgeführt werden.

34) Die Versuche mit der Luftpumpe wurden auf zwei Wegen angestellt. Eine runde Glasplatte wurde auf einem Tisch durch vier schmale Korkfüfse unterstützt, und dann ein dünner Glasstab mit einem abgerundeten Ende senkrecht auf der Mitte des Glases gehalten. Durch lon-

Digitized by Google

gitudales Streichen dieses Stabes mit angefeuchteten Fingern wurde die Platte in Vibration versetzt, dann die Korkfüfse unter die bei dieser Vibrationsart sich bildende kreisrunde Knotenlinie gestellt, und, wenn deren Stelle ermittelt worden, daselbst wohl befestigt. Die Platte wurde nun unter die Glocke der Luftpumpe gebracht, und der Glasstab, mittelst dessen sie in Vibration versetzt werden sollte, durch Lederringe oben zur Glocke hinausgeleitet; das Eindringen der Luft ward durch reichliches Einschmieren mit Pomade verhindert. Als nun fein gepülverte Kieselerde auf die Platte gestreut, und letztere durch Streichen des Glasstabs mit den angefeuchteten Fingern in Vibration gesetzt wurde, ohne die Glocke auszupumpen, wanderte das feine Pulver von der Knotenlinie fort, und sammelte sich theils im Mittelpunkt, theils in einem Kreise, zwischen der Knotenlinie und dem Rande; beide Lagen waren Vibrationsstellen, und erwiesen sich als solche auch durch die Erschütterung des Pulvers. Nachdem die Platte abermals mit zarter Kieselerde bestreut und die Luft unter der Glocke bis zu einer Spannkraft von etwa 2 Z. (englisch) verdünnt worden war, ging die Kieselerde beim Vibriren der Platte von der Mitte auf die Knotenlinie oder Ruhestelle, genau wie es Sand in freier Luft gethan haben würde; sie ging nicht nach dem Rande der Platte. Da der Apparat unbequem war und während des Versuches zerbrach, so wurde an seiner Statt der folgende zusammengesetzt.

35) Ueber die Mündung eines Trichters (22) wurde ein Stück feinen Pergaments wohl ausgespannt und auf einem Träger horizontal befestigt. Das Pferdehaar wurde durch ein Loch in einem Kork geleitet, der in einer metallenen Röhre in der Wölbung der Glocke befestigt war. Die Röhre über dem Kork war zur halben Höhe mit Pomade gefüllt, und auf dieselbe ein zweiter durchbohrter Kork gesetzt, der mit seinem oberen Ende wiederum in einem mit Wasser gefüllten Näpfchen befestigt war.

Digitized by Google

war. Auf diese Weise ging das Pferdehaar erstlich durch Pomade und dann durch Wasser; durch gelindes Drükken und Drehen des oberen Korks, während das Pferdehaar zur Versetzung des Pergaments in Vibration diente, war es leicht, die darunter befindliche Pomade vollkommen in Berührung mit dem Haar zu halten, ja sogar etwas in das obere Wasser eindringend zu machen. Es war hier also keine Möglichkeit, dafs die Luft bei und längs dem Haare eindringen konnte, auch hatte man sich der Dichtheit aller übrigen Theile durch die gewöhnlichen Mittel versichert. In dem Recipienten unter dem Kork war ein kleines Stück Papier befestigt, um zu verhindern, dafs die Pomade, welche etwa durchgedrückt worden wäre, auf das Pergament falle.

36) Diese Vorrichtung entsprach ihrem Zweck. War der Recipient mit Luft gefüllt, so sammelte sich das Lycopodium mit grofser Leichtigkeit auf dem Mittelpunkt der Membrane, dabei die Wolke, Ströme und wirbelnde Häufchen zeigend. Nach Auspumpung des Recipienten bis die äufsere Barometerprobe 28 Z. engl. zeigte, ging das Lycopodium, statt sich auf der Mitte zu sammeln, quer über die Membrane nach der einen Seite hin, welche etwas niedriger stand als die andere. Es ging über die Mitte wie über jeden andern Theil hinweg; und wenn die Vibrationen sehr verstärkt wurden, sammelte es sich nicht in der Mitte, obgleich es daselbst stärker als sonst irgendwo erschüttert wurde, sondern ging nach den Rändern oder ruhenden Stellen. Sehr nahe eben so waren die Erscheinungen, als die Luft bis zu einem Stande von 26 Zoll der äufseren Barometerprobe hineingelassen und darauf der Versuch wiederholt ward. Waren die Vibrationen sehr stark, so erschienen schwache Anzeigen von einer aus den zartesten Theilen bestehenden Wolke, die sich am Vibrationscentrum sammelte; allein es fand keine merkliche Anhäufung des Pulvers daselbst statt. Bei 24 Z. der Barometerprobe begann die Anhäufung in der Mitte, und

zugleich war eine, wiewohl sehr schwache Wiederkehr des Pulvers von den Rändern sichtbar. Bei 22 Zoll waren diese Erscheinungen stärker, und als die Barometerprobe 20 Zoll zeigte, hatten die Luftströme in dem Recipienten Kraft genug, die Anhäufung der Hauptmasse des Lycopodiums auf dem Vibrationscentrum zu veranlassen. Bei abermaliger Verdünnung bis zu 28 Zoll äufserer Barometerprobe traten alle früheren Erscheinungen wiederum ein, und das Lycopodium ging auf's Neue zu den niedrigeren oder ruhenden Theilen der Membrane. Diese Erscheinungen wurden vor der Auseinandernahme des Apparats abwechselnd mehrmals nach einander erhalten.

37) Diese Form des Experiments gab auffallende Beweise, dafs, beim Vibriren in der Luft, (24), ein von der Mitte der Membrane aufsteigender Luftstrom vorhanden war, und auch die Ausdehnung des Systems von Strömen (26) ward dabei zum Theil nachgewiesen. Durch absichtliche Auffangung des Pulvers in der Mitte, wenn die Platte im lufterfüllten Recipienten vibrirte, bestimmte man die Höhe, bis zu welcher es durch die Vibrationen geworfen wurde; dann pumpte man den Recipienten abermals aus, und beobachtete die Wurfhöhe bei ähnlichen Vibrationen. In den letzteren Fällen war diese Höhe nur zwei Drittel oder halb so grofs als in den ersteren. Wäre das Pulver durch einen directen Stofs von der Platte in die Höhe geworfen, so würde es im Vacuo höher als in der Luft gestiegen seyn; allein gerade das Umgekehrte fand statt. Die Ursache hievon ist, dafs in der Luft der Strom Kraft genug hat, die feinen Theilchen zu einer weit gröfseren Höhe empor zu führen, als es durch den blofsen Stofs von der vibrirenden Membrane möglich gewesen wäre.

38) Zu den Versuchen in einem dichteren Medium als Luft wurde Wasser erwählt. Eine kreisrunde Glasplatte wurde in horizontaler Lage auf vier Füfse gestellt, zwei bis drei Zoll hoch mit Wasser übergossen und durch

Digitized by Google

einen in der Mitte senkrecht aufgesetzten Glasstab, wie beim vorhergehenden Versuch im Vacuo (34), in Vibration versetzt. Die Füfse wurden verschoben bis diese Vorrichtung einen klaren Ton gab, und das feuchte Messingfeilicht, das auf die Platte gestreut worden, regelmäfsige Linien oder Figuren bildete. Diese Linien waren indefs keine Ruhelinien, was sie in der Luft gewesen wären, sondern Orte der gröfsten Ausbeugung, wie sowohl aus ihrem Abstand von der durch die Berührung der Füfse bestimmten und nachgewiesenen Knotenlinie, als auch aus der heftigen Erschütterung des Feilichts daselbst mehr als zu Genüge hervorging. In der That ging der Feilstaub von den ruhenden zu den schwingenden Theilen und häufte sich daselbst an, nicht blofs Wolken bildend über den Punkten der stärksten Vibration, sondern auch, wenn die Vibrationen schwächer wurden, sich niederlassend in wirbelnden Gruppen, ganz wie es ein leichtes Pulver in der Luft gethan hätte. Sand wurde ganz auf dieselbe Weise ergriffen, und selbst Platinkörner konnten auf diese Weise durch die Ströme in einem so dichten Mittel als das Wasser angesammelt werden.

39) Die Versuche wurden nun mit Membranen, die über einem Trichter (22) ausgespannt und durch ein mit den Fingern gestrichenes Pferdehaar in Vibration gesetzt wurden, unter Wasser angestellt. Der Raum unter der Membrane war mit Luft gefüllt, während sie von oben zwei bis drei Zoll hoch mit Wasser bedeckt war; auch konnte der Raum unter der Membrane mit Wasser gefüllt und das Pferdehaar nach Belieben oberhalb oder unterhalb angebracht werden. Bei allen diesen Versuchen liefs sich der Sand oder Feilstaub mit der gröfsten Leichtigkeit auf die stärkst vibrirenden Theile bringen, entweder auf den Mittelpunkt allein, oder auf diesen und kreisrunde Linien, je nach der Vibrationsart der Membrane. Der Rand des Trichters war immer eine Ruhelinie; allein es bildeten sich auch kreisrunde Knotenli-

Digitized by Google

nien, welche sich nicht durch die Anhäufung des Feilstaubs auf ihnen, sondern durch das Liegenbleiben der schon daselbst befindlichen Feilspäne, so wie auch dadurch zu erkennen gaben, dafs sie zwischen den Theilen lagen, welche, wie es die Anhäufung und heftige Bewegung der Feilspäne zeigte, am stärksten vibrirten.

40) Selbst wenn das Pergament, durch Nachlassen vermöge der Befeuchtung und durch die mittelst des Pferdehaars aufwärts wirkende Kraft, in der Mitte um mehr als einem Achtelzoll über seinen Rand, dessen Durchmesser noch nicht vier Zoll betrug, gehoben ward, sammelte sich der Feilstaub dennoch in der Mitte.

41) Auch bei Ersetzung des Pergaments durch gewöhnliche Leinwand, welche bei Befeuchtung eher dichter als lockerer wird, wurden dieselben Erscheinungen erhalten.

42) Sowohl die beschriebenen Erscheinungen als auch die von ihnen gegebene Erklärung liefs erwarten, dafs wenn man eine in Luft vibrirende Platte statt des Sandes oder Lycopodiums mit einer Flüssigkeit in dünner Schicht bedeckte, diese sich von den ruhenden Theilen zu den vibrirenden begeben und daselbst anhäufen würde. Es wurde daher eine quadratische Platte mit Wasser bedeckt, und wie bei den früheren Versuchen (2, 6) in Vibration versetzt. Allein alle Bemühungen, ein Anhäufen an den Oscillationsmittelpunkten aufzufinden, schlugen fehl, man mochte nun die Platte geradezu beobachten, oder die von deren Oberfläche reflectirten geradlinigen Figuren betrachten, oder durch die Theile, wie durch eine Linse eine kleine Druckschrift oder einen anderen Gegenstand sehen.

43) Da indefs bei starkem Vibriren der Platte das Wasser auf den Vibrationsmittelpunkten in die bekannten und eigenthümlichen Kräuselungen gerieth, und dadurch jede entscheidende Wahrnehmung einer Anhäufung verhindert ward, so liefs sich nur bei Abwesenheit die-

Digitized by Google

ser Kräuselung, oder bei schwachem Vibriren, wo also die Anhäufung nur klein seyn konnte, ein genügendes Resultat erwarten. Allein da auch dann keine Anzeigen von Anhäufung zu beobachten waren, so wurde daraus gefolgert, dafs die Schwerkraft, verbunden mit der Beweglichkeit der Flüssigkeit, hinreicheud war, die Gleichförmigkeit der Wasserschicht nach der Fortziehung des Bogens wieder herzustellen, ehe das Auge Zeit hatte die erwartete Convexität zu beobachten.

44) Um die Wirkung der Schwere zum Theil zu entfernen, oder vielmehr um sie mit der Convexität, der sie vorhin entgegen war, zusammenfallend zu machen, wurde die untere Fläche statt der oberen befeuchtet und die Platte ein wenig geneigt, so dafs das Wasser in Tropfen entweder an *a*, oder *b*, oder *c*, Fig. 9 Taf. VI, hing. Wurde dann die Platte durch Streichen mit dem Bogen bei × in Vibration versetzt, so verschwanden die Tropfen augenblicklich, das Wasser sammelte sich und breitete sich seitwärts auf die Theile aus, von denen es herabgeflossen war. Bei Unterbrechung der Vibrationen sammelte es sich abermals in hangenden Tropfen, welche augenblicklich wie zuvor verschwanden, wenn man die Platte wieder vibriren liefs, indem die Schwerkraft durch die von der vibrirenden Platte erregten Kräfte gänzlich besiegt worden war. Allein auch jetzt war kein Zeichen von einer Convexität an den Vibrationsmittelpunkten zu erhalten; das Wasser schien eher von als zu den vibrirenden Theilen getrieben zu werden.

45) Die Zähigkeit der Oele liefs erwarten, dafs mit einem solchen bessere Resultate als mit Wasser zu erhalten seyn würden. Eine runde Platte, horizontal in der Mitte gehalten (6. 42), wurde auf der oberen Fläche mit Oel bedeckt, so dafs es sie ganz benetzte, bis auf die Gegend × (Fig. 10 Taf. VI), wo sie durch Streichen mit dem Bogen in starke Vibration versetzt wurde. Das Oel zeigte kaine Kräuselung, sondern sammelte sich

sogleich bei *a*, *b* und *c*, flüssige Linsen daselbst bildend, welche sich durch ihre Vergröſserungskraft sichtbar machten, wenn Druckschrift durch sie betrachtet wurde. Die Anhäufungen wurden auch sichtbar, wenn man ein Stück weiſsen Papiers darunter legte, weil die Farbe des Oels an den Anhäufungen dunkler war als an andern Stellen; eben so zeigten sie sich schön, wenn man den Versuch im Sonnenschein oder über einer Lichtflamme anstellte, und an der entgegengesetzten Seite einen Schirm hinsetzte, um die in der Brennweite gebildeten Bilder aufzufangen.

46) Wenn die Vibration der Platte aufhörte, floſs das Oel langsam zurück, bis es eine gleichförmig dicke Schicht gebildet hatte. Bei Erneuerung der Vibration bilden sich die Anhäufungen abermals. Die Erscheinungen der Anhäufungen traten hier mit eben der Sicherheit und Schönheit ein wie bei Anwendung von Lycopodium.

47) Um jeden Zweifel zu heben, daſs die Flüssigkeit von den ruhenden zu den erzitternden Theilen überging, wurden Vibrationscentra angewandt, die fast von Knotenlinien umgeben waren. Eine quadratische Platte (Fig. 11 Taf. VI), gehalten in *c* und gestrichen in X, gab mit Sand die in der Figur abgebildeten Knotenlinien. Als statt des Sandes Oel auf die Platte gegossen und diese in dieselbe Vibrationsart wie zuvor versetzt wurde, häufte sich das Oel in *a* und *b*, daselbst zwei Häufchen oder Linsen bildend wie beim Versuch (45).

48) Der mit Wasser an der Unterfläche angestellte Versuch (44) wurde nun mit Oel wiederholt, und dazu die runde Platte angewandt (45). Der hangende Oeltropfen stieg, wie zuvor das Wasser, in die Höhe; allein das Auseinanderflieſsen hatte bald seine Gränze, denn es bildeten sich an den Vibrationsmittelpunkten Linsen, gerade wie wenn das Oel sich auf der oberen Fläche befand, und, so weit als ich bei einer oberflächlichen Untersuchung ermitteln konnte, genau von derselben Gestalt (*and power*). Bei Unterbrechung der Vibration sammelte sich

das Oel wiederum in hangenden Tropfen, und bei Erneuerung derselben bildete es wieder linsenartige Anhäufungen.

49) Mit Eiweiſs lieſsen sich dieselben Anhäufungen an den Vibrationsmittelpunkten erhalten.

50) Hieraus ist klar, daſs, wenn eine transversal vibrirende Fläche mit einer Schicht von einer Flüssigkeit bedeckt ist, diese von den ruhenden Theilen zu den vibrirenden übergeht und sich daselbst anhäuft; ferner, daſs diese Anhäufung begränzt ist, so daſs, wenn man sie absichtlich durch die Schwere oder durch andere Mittel zu groſs gemacht hat, sie schnell durch die Vibrationen verringert wird, bis die Dicke der flüssigen Schicht an jeder Stelle eine gewisse und constante Relation zu der Geschwindigkeit daselbst und zu der Dicke an andern Orten hat.

51) Die vielfachen Beweise, welche aus diesem Versuche hervorgehen, glaube ich, können keinen Zweifel hinterlassen, worin unter den gewöhnlichen Umständen die Ursache der Anhäufung des feinen Pulvers an den Punkten oder Linien der Vibrationen von Platten, Membranen u. s. w. besteht, so wie auch, daſs zur Erklärung dieser Anhäufung die Annahme einer secundären Theilungsart unnöthig ist. Ich habe die experimentellen Beweise deshalb so vervielfältigt, weil ich einerseits glaube, daſs die Autorität von Savart nicht durch leichte Gründe in Zweifel gezogen werden darf, und andererseits, daſs wenn sie einmal als irrthümlich bezeichnet worden ist, die Beweise gegen sie so gewichtig seyn müſsen, daſs die Wahrheit dadurch vollkommen festgestellt und eine Wiederholung des Irrthums von Anderen dadurch verhindert wird.

52) Es muſs einleuchten, daſs die Erscheinungen des Anhäufens an den Punkten oder Linien der gröſsten Ausbeugung sich an den Stellen, welche von Knotenlinien umgeben sind, in reinster Form zeigen werden; und daſs, wenn das Vibrationscentrum am oder nahe am Rande

Digitized by Google

liegt, die Erscheinungen durch die Art, wie die Luft daselbst erschüttert wird, sehr abgeändert werden muſs. Es ist dieser Einfluſs, welcher bei quadratischen Platten (6, 12) und anderen Vorrichtungen verhindert, daſs die Wolken sich unmittelbar am Rande des Glases bilden können. Recht belehrend ist in dieser Beziehung, wenn man Zinnplatten unter Wasser über einem weiſsen Grunde vibriren läſst, und dunkel gefärbten Sand oder Feilstaub auf verschiedene Theile der Platten streut.

Ueber eine besondere Anordnung und die Bewegungen der Häufchen, welche Theilchen auf vibrirenden Platten bilden.

53) Die eigenthümliche Art, wie sich feines Pulver auf einer vibrirenden Fläche in halbkugelförmigen oder bloſs abgerundeten, mehr oder weniger groſsen Häufchen sammelt, ist bereits beschrieben (6, 28), eben so auch die sonderbare Bewegung, welche sie besitzen so lange die Platte zu vibriren fortfährt. Diese Häufchen bilden sich auf jedem vibrirenden Theil der Fläche, und nicht bloſs unter den an den Vibrationsmittelpunkten entstehenden Wolken; obgleich die Theilchen der Wolken sich immer in ähnlichen Häufchen absetzen. Sie haben eine Neigung, als Häufchen, zu den Knoten- oder Ruhelinien zu wandern, werden aber oft von den bereits beschriebenen Strömen (6) als Pulver fortgerissen. Befinden sie sich auf einer Ruhestelle, so erlangen sie nicht die wirbelnde Bewegung. Kommen zwei oder mehre nahe an einander oder zur Berührung, so flieſsen sie oft zusammen, und bilden nur ein einziges Häufchen, welches schnell einen gerundeten Umriſs annimmt. In ihrer vollkommensten und letzten Gestalt sind sie immer rund.

54) Die sich bewegenden Häufchen, welche vom Lycopodium auf gespanntem Zeichenpapier (28) gebildet

Digitized by Google

werden, sind von solcher Gröfse, dafs sie sich sehr zu einer genauen Untersuchung eignen. Die Erscheinungen zeigen sich auch mit Sand auf einer solchen Membran, wenn der Sand in grofser Menge da ist und die Vibrationen langsam geschehen. Wenn die Fläche dick mit abgesiebten Sande bedeckt, und dann mit einem Finger geklopft wird, so ist die Art, wie der Sand sich in bewegende Häufchen begiebt, sehr schön zu sehen.

55) Untersucht man ein einzelnes Häufchen, was am besten geschieht, wenn man eine vibrirende Stimmgabel in horizontaler Lage hält, und etwas Lycopodium darauf streut, so sieht man, dafs die Theilchen des Häufchens in der Mitte emporsteigen, sich ausbreiten, nach allen Seiten hin niederfallen, und am Boden verschwinden, indem sie anscheinend einwärts fliegen. Diese wirbelnde Bewegung dauert so lange, bis die Vibrationen sehr schwach geworden sind.

56) Dafs das Mittel, in welchem der Versuch angestellt wird, einen wichtigen Einflufs habe, ergiebt sich daraus, dafs schwere Theilchen, wie Feilspäne, alle diese Eigenthümlichkeiten zeigen, wenn man die Platten unter Wasser vibriren läfst (39); sogar sind bei ihnen die Häufchen im Mittelpunkt höher als ein Häufchen gleichen Durchmessers von einem leichten Pulver in der Luft. In Wasser bilden sie sich überdiefs auf jedem vibrirenden Theil der Platte oder Membrane. Sie streben nicht zu den Ruhelinien; allein blofs wegen der grofsen Kraft der im Wasser gebildeten Ströme, die, wie bereits beschrieben worden (38), Alles nach dem Orte der gröfsten Vibration hintreiben.

57) Wenn man eine auf Unterlagen ruhende Glasplatte mit einer dicken Sandschicht bestreut, und diese darauf mit Wasser bis zum Abfliefsen übergiefst, so wird, beim Vibriren (6), der Sand in Häufchen zusammenrükken, welche die eigenthümliche und sonderbare Bewegung der Theilchen in einer sehr auffallenden Weise zeigen.

58) Die Bildung und Bewegung dieser Häufchen, in Luft wie in anderen Flüssigkeiten, sind eine sehr einfache Folge des mechanischen Impulses, welcher den Theilchen durch die vereinte Wirkung der vibrirenden Fläche und des umgebenden Mediums mitgetheilt wird. Wenn so z. B. in der Luft, im Gange einer Vibration, der unter einem Häufchen befindliche Theil der Platte emporsteigt, so theilt er diesem Häufchen, gemengt wie es mit Luft, wegen seines gröfseren specifischen Gewichts eine gröfsere Wurfbewegung mit, als der umgebenden Atmosphäre, und, wenn er, bei Vollbringung der zweiten Hälfte seiner Vibration, unter dem Häufchen wieder zurückweicht, so bildet er ein partielles Vacuum, in welches die Luft ringsum das Häufchen mit gröfserer Leichtigkeit als das Häufchen selbst eindringt, und so wie diefs geschieht, das Pulver am unteren Rande des Häufchens mit sich fortreifst. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Vibration, und da letztere so schnell auf einander folgen, dafs das Auge sie nicht mehr unterscheiden kann, so ist der centrale Theil des Häufchens beständig im Emporsteigen begriffen; die Theilchen, welche dadurch oben angehäuft werden, während die Basis des Häufchens fortwährend unten weggerissen wird, fallen nothwendig nieder, und rollen an allen Seiten herab.

59) Obgleich das eben Gesagte sich auf das Verhalten des Häufchens, als Masse, zu der umgebenden Luft bezieht, so wird man doch zugleich einsehen, dafs dieselbe Beziehung auch zwischen irgend zwei vom Mittelpunkt ungleich entfernten Theilchen des Häufchens vorhanden ist; denn das dem Centrum am nächsten liegende Theilchen wird mit der gröfseren Kraft in die Höhe geworfen, und das andere befindet sich in der günstigsten Lage, um das von der zurückgewichenen Platte hinterlassene partielle Vacuum einzunehmen.

60) Diese Betrachtungsweise erklärt unmittelbar alle Erscheinungen: die runde Gestalt, das Zusammenfliefsen

mehrer Häufchen in eins, ihre wirbelnde Bewegung und ihr Daseyn auf jedem Theil der vibrirenden Platte. Die Art, wie die benachbarten Theilchen von den Häufchen absorbirt werden, ist gleichfalls einleuchtend; und, was ihre Bildung betrifft, so wird der Anfang derselben durch die geringsten Unregelmäſsigkeiten in dem Pulver oder der Fläche bedingt seyn.

61) Es ist völlig wahr, daſs wenn das Pulver cohärent wäre, diese Kraft für sich denselben Effect hervorbringen würde, jedoch in einem schwächeren Grade. Dieſs geht zu Genüge aus den unter der ausgepumpten *Glocke* angestellten Versuchen hervor (36). Als das Barometer der Luftpumpe 28 Zoll zeigte, während das in freier Luft auf 29,2 Zoll stand, bildeten sich die Häufchen sehr schön auf der ganzen Oberfläche der Membrane; allein sie waren, im Vergleich mit denen in freier Luft, sehr flach und von groſser Ausdehnung, und die wirbelnde Bewegung war sehr schwach. So wie, bei fortgesetzter Vibration, Luft hinzugelassen wurde, wuchsen die Häufchen in Höhe, zogen sich im Durchmesser zusammen und bewegten sich rascher. Bei den Versuchen mit Sand oder Feilstaub in Wasser konnte überdieſs keine Cohäsivkraft zur Hervorbringung der Effecte mitwirken; sie muſsten gänzlich von der Art herrühren, wie Theilchen in einem Mittel von gröſserer Dichte als sie selbst, mechanisch fortgerissen werden.

62) Die Umwandlung dieser runden Häufchen in lineare concentrische wirbelnde Figuren, bei dem Versuche (29, 31), wo die Membrane mit einer Glasplatte bedeckt war, ist eine nothwendige Folge von den dabei getroffenen Vorkehrungen, und zeigt, wie einfluſsreich die Wirkung der Luft oder anderer umgebender Mittel bei allen in diesem Aufsatz betrachteten Erscheinungen ist. Zur Erklärung der Wirkungsweise der Kräfte, welche die zwei in Rede stehenden Effecte hervorbringen, sind hier keine unverträglichen Principien angenommen,

Digitized by Google

und wiewohl durch Variation der Vibrationskraft und anderer Umstände, der eine Effect, innerhalb gewisser Gränzen, in den andern übergeführt werden kann, so ist darin doch keine Anomalie oder kein Widerspruch enthalten, noch geht daraus irgend ein Resultat hervor, welches, wie mir scheint, nicht unmittelbar durch die aufgestellten Grundsätze erklärt werden könnte.

II. *Ueber die Formen und Zustände, welche Flüssigkeiten auf vibrirenden Flächen annehmen;*

von Hrn. M. Faraday.

(Anhang zu der vorhergehenden Abhandlung.)

---

63) Wenn die Oberfläche einer Platte, die in tönende Vibrationen versetzt worden ist (2, 6), mit einer Wasserschicht bedeckt wird, so zeigt dieselbe in der Nachbarschaft der Vibrationsmittelpunkte eine niedliche Kräuselung. Diese Erscheinung ist von Oersted *), Wheatstone **), Weber ***) und wahrscheinlich noch Anderen beobachtet worden. Sie, wie die früheren Erscheinungen, welche ich zu erklären bemüht gewesen bin, hat zu einer falschen Theorie geführt, und ist, indem sie entweder gar nicht oder unrichtig verstanden wurde, ein Hindernifs für die Fortschritte der Akustik gewesen.

64) Bei Vervollständigung der vorhergehenden Untersuchung ward ich zu der Ansicht geführt, dafs die vorhin aufgestellten Grundsätze, verbunden mit der Co-

*) Lieber's Geschichte.

**) *Annals of Philosophy, N. S. T. VI p.* 82.

***) Wellenlehre, S. 414.

häsion der Flüssigkeiten, diese Erscheinungen erklären würden. Eine experimentelle Untersuchung hat diese Erwartung vollkommen bestätigt.

65) Die Haupterscheinung, welche hier betrachtet werden soll, läfst sich leicht hervorbringen. Man braucht dazu nur eine quadratische Platte, die in der Mitte mit den Fingern oder einer Pincette (2, 6) fest und horizontal gehalten wird, mit so viel Wasser zu übergiefsen, dafs es beim Neigen der Platte von einer Seite zur andern fliefst, und sie durch Streichen des einen Randes bei × (Fig. 12) mit dem Violinbogen auf die gewöhnliche Weise in starke Vibration zu versetzen. Die Oberfläche des Wassers erscheint gekräuselt, zuerst auf den Vibrationsmittelpunkten, und dann, je nachdem die Vibrationen stärker oder schwächer sind, mehr oder weniger bis gegen die Knotenlinien hin. Die Kräuselung erscheint als kleine konische Erhöhungen von eben so grofser Seitenausdehnung, und gewöhnlich von ungemein regelmäfsiger rechtwinkliger Anordnung; sie sind (scheinbar) permanent *), so lange ein gewisser Grad von Vibration unterhalten wird, werden aber höher oder niedriger, je nachdem die Vibration stärker oder schwächer wird, ändern jedoch dabei ihre Dicke nicht, obgleich sich währenddefs die gesammte gekräuselte Fläche vergröfsert oder verkleinert. Läfst man die Platte so vibriren, dafs sie einen andern Ton giebt, so erscheinen ebenfalls Kräuselungen im Vibrationscentrum, kleinere bei einem höheren Ton, gröfsere bei einem tieferen. Bringt man auf Platten von ungleicher Gröfse den nämlichen Ton durch verschiedene Vibrationsarten hervor, so erscheinen, wenn die übrigen Umstände gleich sind, Kräuselungen von gleicher Dimension.

66) Diese Erscheinungen sind sehr schön zu sehen, wenn man Dinte, mit gleichem Volume Wasser verdünnt, auf die Platte bringt.

*) Weber's Wellenlehre, S. 414.

Digitized by Google

67) Ein Erfordernifs für die Untersuchung war die Verlängerung und Vergröfserung des Effects; die folgenden Methoden zeigten sich dazu als vortheilhaft. Kronglas-Platten, 18 bis 22 Zoll lang und 3 bis 4 Zoll breit, wurden auf zwei dreiseitige als Stege dienende Holzstücke gelegt (18) und durch ein senkrecht in der Mitte aufgestelltes, mit angefeuchteten Fingern geriebenes Glasstäbchen oder Glasröhrchen in Vibration gesetzt. Bei Bestreuung der Platten mit trocknem Sand und Verschiebung der Stege wurden die Knotenlinien (gewöhnlich um ein Fünftel der ganzen Plattenlänge von den Enden liegend) aufgefunden, und ihre Stelle durch einen Diamantstrich bezeichnet. Nach Abschüttung des Sandes und Aufgiefsung von Wasser oder Dinte war es dann leicht, durch Erschütterung der Platte, mittelst Streichen des Stabes mit den Fingern, die Kräuselungen zu erzeugen, und sie ungestört, ohne Veränderung ihrer Stärke, beliebig lange zu erhalten.

68) Durch ein aufgeklebtes Leistchen von Wachs oder einer Mischung aus Wachs und Terpenthin war es leicht den Wasserpfuhl auf die Mitte der Platte, Fig. 13, wo die Kräuselungen am mächtigsten waren, einzuschliefsen. Ein solcher Damm ist oft von Nutzen, um die nassen und trocknen Theile des Glases zu scheiden, besonders wenn man einen Violinbogen als Erschütterer anwendet.

69) Bei andern Versuchen wurden fichtene Latten, zwei, drei bis vier Fufs lang, einen bis anderthalb Zoll breit und drei oder mehrere Achtelzoll dick, statt der Glasplatten angewandt. Sie wurden durch Streichen eines feuchten Stabes mit den Fingern (67) in Vibration gesetzt, und gaben entweder durch Verschiebung der Stege oder durch Vertauschung der Latten eine fast unbegränzte Auswahl isochroner Vibrationen, von denen den höchsten Tönen entsprechenden an, bis zu den, deren nicht mehr als fünf oder sechs auf die Secunde gingen. Zur

Digitized by Google

Aufnahme der Kräuselungen diente eine Glasplatte, die mitten auf der Latte mittelst zwei oder drei Kügelchen eines weichen Kitts *) festgeklebt war.

70) Auf diesem Wege sind die Erscheinungen sehr schön und mit groſser Leichtigkeit zu erhalten. Eine Glasplatte von 4 bis 8 Quadratzoll Fläche lieſs sich dadurch gleichförmig mit Kräuselungen von der ausgezeichnetsten Regelmäſsigkeit bedecken; denn, wenn man die Platte mit etwas Sorgfalt und an gleichweit von der Mitte entfernten Punkten befestigte, so war es leicht zu machen, daſs jeder Theil sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegte, und in dieser Beziehung von der Latte, welche ihn unterstützte, abwich und sie übertraf. Die kegelförmigen Häufchen, aus denen die Kräuselung bestand, konnten durch Verlangsamung der Vibration so vergröſsert werden, daſs drei oder vier derselben einen Zoll im Durchmesser hatten. Statt der Glasplatte konnte auch eine Platte von anderer Substanz und Gestalt, so wie statt des Wassers andere Flüssigkeiten, wie Quecksilber etc. genommen werden.

71) Gebraucht man Latten, so ist es nöthig, die auf den Stegen liegenden Theile entweder durch einen schwachen Druck mit den Fingern, oder durch Schnüre, oder durch Gewichte festzuhalten. Der erregende Glasstab braucht nicht nothwendig auf der Mitte des Stabes oder der Platte zu ruhen, sondern kann mit gleichem Effect in irgend einem Abstand von derselben angebracht werden. Lange Lineale lassen sich in schwingende Unterabtheilungen bringen, je nachdem man den Ort der Aufsetzung des Stabes, und den mit den angefeuchteten Fingern erregten Druck variirt. Bei jeder Veränderung dieser Art läſst sich eine unmittelbare Veränderung in der Kräuselung beobachten.

72) In dieser Form ward der Apparat bis zu einer Latte von 18 Fuſs Länge vergröſsert; die Wasserschicht

*) Aus gelbem Wachs und Terpenthin zu gleichen Theilen.

Digitized by Google

war nun drei Viertelzoll tief, achtundzwanzig Zoll lang und zwanzig Zoll breit. Die Wände dieses Behälters waren sehr geneigt, so daſs das Wasser allmälig an Tiefe zunahm, und reflectirte Wellen dadurch verhindert wurden. Die Vibrationen geschahen so langsam, daſs sie sich direct mit der Hand erregen lieſsen, und jedes der Häufchen hatte einen bis zwei Zoll in Umfang. Ungeachtet dieser Gröſse waren sie von gleicher Beschaffenheit mit denen, welche Kräuselungen von solcher Kleinheit bildeten, daſs die Oberfläche des Wassers nur matt erschien.

73) Bei diesen Versuchen muſs die Menge des Wassers gehörig abgemessen werden; die Kräuselungen erzeugen sich leichter und schöner, wenn das Wasser in gewisser Fülle da ist. Für kleine Kräuselungen muſs das Wasser frei auf der Fläche flieſsen. Groſse Kräuselungen erfordern mehr Wasser als kleine. Zu viel Wasser zerstört die Schönheit der Erscheinung; allein die Kräuselung verträgt sich auch mit viel Flüssigkeit, denn die Tiefe derselben kann acht, zehn oder zwölf Zoll (111) betragen, und ist wahrscheinlich unbegränzt.

74) Diese Kräuselungen bilden sich auf der unteren Seite vibrirender Flächen so gut wie auf oberen. Benetzt man die Unterfläche und streicht mit dem Bogen (65), so werden die durch ihre Schwere herabhangenden Tropfen gerieft; allein indem sie gleich darauf, wie im vorhergehenden Aufsatz (44) beschrieben ist, aus einanderflieſsen, bildet sich eine gewisse bestimmte Schicht, welche an den Vibrationsmittelpunkten schön gerieft oder gekräuselt ist.

75) Viele, wenn nicht alle Flüssigkeiten lassen sich zur Hervorbringung dieser Kräuselungen anwenden, doch einige mit besonderem Vortheil; man erhält sie mit Alkohol, Terpenthinöl, Eiweiſs (Wheatstone), Dinte und Milch; Eiweiſs zeigt sie, ungeachtet seiner Klebrigkeit, leicht und schön. Dinte hat groſse Vorzüge, weil wegen

gen ihrer Farbe und Trübheit, die Betrachtung ihrer Oberfläche durch keine Reflexion von dem darunter befindlichen Glase gestört wird; mit ihr ist die Erscheinung im Sonnenschein aufserordentlich schön. Gebraucht man verdünnte Dinte für grofse Kräuselungen auf einer Zinnplatte, oder auf weifsem Papier, auf Quecksilber u. s. w., so geben die verschiedenen Grade der Färbung und Durchscheinenheit, welche den verschiedenen Tiefen der Flüssigkeit entsprechen, sehr wichtige Aufschlüsse über die wahre Natur der Erscheinungen (78, 85, 97). Milch ist, wegen ihrer Trübheit, von ähnlichem Vortheil, besonders wenn sie von unten beleuchtet wird, und, da sie dickflüssiger ist als Wasser, und deshalb weniger spritzt, eignet sie sich besser für Versuche im Grofsen (72, 98).

76) Oel zeigt kleine Kräuselungen nicht leicht (120) und erschien anfangs als untauglich zu deren Bildung; allein bei Erwärmung (wobei es dünnflüssiger wird) erzeugt es dieselben ohne Weiteres. Kaltes Oel bewirkt auch grofse Kräuselungen, und für sehr grofse ist es, wegen seiner Cohäsion, wahrscheinlich besser als Wasser. Merkwürdig ist der Unterschied zwischen Oel und Eiweifs; denn wiewohl das Eiweifs bei gewöhnlicher Beobachtung eine dickere Flüssigkeit als Oel zu seyn scheint, so ist doch seine Cohäsion ganz anderer Art als die des letzteren, und seine scheinbare Dickigkeit hängt von einer Elasticität ab (wahrscheinlich in Folge einer Annäherung zu einer Structur), welche dahin strebt, die Theilchen in ihre anfängliche Lage zurückzuführen, und mit einer grofsen Beweglichkeit auf kleine Strecken verbunden ist, während die Dicke des Oels von einer wirklichen Schwierigkeit in der Verschiebung der Theilchen herrührt. Möglich, dafs das Vermögen, mehr oder weniger leicht in jene Kräuselungen zu gerathen, eine nützliche und selbst wichtige Anzeige der inneren Constitution verschiedener Flüssigkeiten abgiebt.

77) Beim Quecksilber lassen sich die Kräuselungen

Digitized by Google

mit großer Leichtigkeit und ungemeiner Schönheit hervorbringen, wenn man eine amalgamirte Zinn- oder Kupferplatte, die auf einem Lineale (69) befestigt ist, damit übergießt und dann in Vibration setzt. Zwar überzieht sich das Quecksilber bald mit einem Häutchen, und dann sind die Erscheinungen nicht mehr so regelmäßsig als zuerst; allein nach dessen Fortnahme mit einem Stück Papier erscheinen sie wieder mit anfänglicher Regelmäßsigkeit und Schönheit. Zweckmäßsiger ist es, das Quecksilber mit etwas sehr verdünnter Essig- oder Salpetersäure zu übergießsen; denn alsdann lassen sich die Kräuselungen mit einer vollkommen glänzenden Fläche erzeugen und beliebig lang unterhalten.

78) Gießst man eine Schicht Dinte auf das Quecksilber, so nimmt die Säure derselben das Häutchen gänzlich fort, und die Gipfel der Quecksilberhügel werden, wenn man die Dicke der Dintenschicht verringert, mehr oder weniger sichtbar, und treten als Perlen von gleicher Größse schön geordnet aus dem schwarzen Mittel hervor. Läßst man Quecksilber, mit einer dünnen Schicht verdünnter Salpetersäure übergossen, im Sonnenschein vibriren, und fängt das von ihm reflectirte Licht mit einem Schirm auf, so erhält man ein sehr schönes und regelmäßsiges Bild; doch mußs man den Schirm sehr dicht neben dem Quecksilber aufstellen, weil die Vertiefungen auf der Oberfläche dieses Metalls eine kurze Brennweite haben.

79) Zuweilen ist es schwierig, wegen der vielfältigen Reflexionen und wegen einer besondern, weiterhin (95) beschriebenen, Beschaffenheit des Ganzen, durch den bloßsen Anblick zu einem genügenden Schlußs über die sich so darbietenden Formen und Anordnungen zu gelangen. Gut und bei so langsamen Vibrationen gebildet, daßs etwa drei bis vier Erhöhungen auf der Strecke von einem Zoll (70) entstehen, erscheinen sie als kegelförmige Häufchen, die oben abgerundet sind, und unten

durch eine Krümmung in entgegengesetzter Richtung in einander übergehen. Bei regelmäfsiger Anordnung ist jedes Häufchen von acht andern umgeben, so dafs, wenn man ein einziges Licht anwendet, neun Bilder von jeder Erhöhung in's Auge gesandt werden. Noch verwickelter werden diese, durch die Reflexionen von dem Glase darunter, bei Anwendung von durchsichtigen Flüssigkeiten. Die Anwendung von Dinte (75) entfernt einen guten Theil dieser Schwierigkeiten, und einen noch gröfseren die Hervorbringung langsamer, regelmäfsiger und anhaltender Vibrationen (67, 69).

80) Diese Erhöhungen will ich von jetzt an *Häufchen* nennen.

81) Die beschriebene Kräuselung auf langen Glasplatten (67) nimmt zuletzt immer ein rechteckiges Gefüge an, d. h. die Häufchen stellen sich gleich weit von einander in parallelen oder sich rechtwinklig durchkreuzenden Reihen. Zu Anfange bilden die Reihen gewöhnlich Winkel von 45° mit den Seiten der Platte; wenn aber die Vibration fortgesetzt wird, so dreht sich gewöhnlich das ganze System um 45°, bis die Reihen mit den Rändern der Platte parallel werden.

82) In ihrer Seitendimension bleiben die Häufchen constant, wenn auch die Stärke der Vibration beträchtlich variirt; allein, wie sich bald ergab, hängt ihre Anzahl von der Tiefe des Wassers ab. Bei wenig Wasser sind die Häufchen klein, bei mehr Wasser gröfser, obgleich der Ton und deshalb die Zahl der Vibrationen in einer gegebenen Zeit dieselben bleiben. Auf einer Strecke von drei Zoll kann die Zahl der Häufchen, alleinig durch Veränderung in der Tiefe der Flüssigkeit, auf acht verringert und bis elf und ein halb vergröfsert werden.

83) Bei der obigen Platte (67, 81), wenn der Wasserpfuhl vierseitig oder fast so war, und der erregende Glasstab in seiner Mitte stand, befolgten die Erscheinun-

15 *

Digitized by Google

gen gewöhnlich die nachstehende Ordnung. Ringähnliche lineare Häufchen, concentrisch mit dem erregenden Stab, bildeten sich anfangs, sechs oder sieben an der Zahl. Durch ein mäfsiges Vibriren liefsen sich diese erhalten, und da ergab eine Messung, dafs bei einer gewissen constanten Dicke des Wassers acht Intervalle zwischen den Ringen auf einer Strecke von drei Zoll vorhanden waren. Bei Verstärkung der Vibrationskraft wuchs die Höhe der Erhebungen, aber nicht ihre Seitendimension, und dann bildeten sich lineare Häufchen quer durch die Ringe, quer über die Platte und parallel mit den Stegen, offenbar in Beziehung zu der Vibrationsart der ganzen Platte. Diese, wie alle übrigen dieser Erscheinungen waren am stärksten an den stärkst vibrirenden Theilen, brachen bald darauf die Ringe auf, und zerfielen ihrerseits auch in gesonderte Häufchen, welche anfangs unregelmäfsig und veränderlich waren, bald aber gleichförmig wurden und sich rechtwinklig reiheten, zuerst unter Winkeln von 45° mit den Rändern der Platte, allmälig aber, sich drehend, in Parallelismus mit denselben. So dauerten die Veränderungen fort bis die Vibrationskraft so grofs war, dafs sie ganz aus einanderfielen; wurde diese Kraft allmälig geschwächt, so sanken die Häufchen auch nach und nach zusammen, ohne indefs dabei die Ordnung zu durchlaufen, in welcher sie gebildet worden waren. Die Fig. 14 giebt die Entwicklung dieser Erscheinungen an. Bei gleicher Wassertiefe, als bei der die Ringe erzeugt wurden, entstanden zehn vollkommen ausgebildete Häufchen auf einer Strecke von drei Zoll. Die Intervalle zwischen den Ringen und Häufchen waren gleich, wenn andere Einflufshabende Umstände ungeändert blieben.

84) Zuweilen bildet sich eine andere Art von Häufchen, die aber bald in die beschriebene übergeht. Diese Häufchen liegen auf unter sich rechtwinkligen und unter 45° gegen die Seiten der Platte geneigten Linien, sind aber in der einen Richtung zusammengezogen und in der an-

dern verlängert. Wenn man sich denkt, die Striche in Fig. 15 stellten die Gipfel der Häufchen vor, so hat man eine Idee vom Ganzen. Auf einer Strecke von 3 Z. zählt man, der Länge nach, acht dieser Häufchen, der Quere nach aber fast funfzehn. Diese Zahlen geben also das Verhältnifs der Länge zur Breite. Längs den Linien der vierseitigen Anordnung aber schliefsen drei Zoll elf Häufchen ein, was, ungeachtet der Verschiedenheit in der Form, dieselbe Zahl ist, welche von derselben Platte, bei derselben Wassertiefe, erzeugt wird, wenn die Häufchen rund sind. Auf demselben Flächenraum befindet sich also in beiden Fällen eine gleiche Zahl von Häufchen. Die Abweichung von einer vollkommen rechtwinkligen Anordnung und das Verhältnifs von 1 : 2 rührt wahrscheinlich von einem schwachen Einflufs der Plattenränder her.

85) Wenn man Quecksilber, bedeckt mit einem Häutchen sehr verdünnter Salpetersäure, vibriren liefs, so erhielt man die rechtwinklige Anordnung beständig. Beim Vibriren unter verdünnter Dinte (78) war sie noch schöner und deutlicher zu sehen. Die Zinnplatte unter dem Quecksilber war quadratisch, und, wenn sich die ganze Fläche mit Kräuselungen bedeckt hatte, bildeten die Linien der rechtwinkligen Anordnung immer Winkel von 45° mit den Rändern der Platte.

86) Streut man Sand gleichförmig auf eine Platte, auf der grofse Wasserhügel, d. h. vier, fünf oder sechs auf einem Zoll, hervorgebracht sind, so erhält man dadurch sehr wichtige Aufschlüsse. Der Sand bildet unter dem Wasser sogleich Figuren, die, bei einiger Sorgfalt, sehr regelmäfsig sind. Er wird unter den Häufchen fortgeführt und zwischen ihnen angehäuft, so dafs er häufig die Fig. 16 mit grofser Regelmäfsigkeit bildet. Da der Sand nach dem Aufhören der Vibration liegen bleibt, so kann man mit grofser Bequemlichkeit seine Lage bestimmen, die Intervalle messen u. s. w.

87) Sehr oft sind die Sandlinien nicht voll ausgezogen, sondern mit großer Regelmäßsigkeit in Stücke getheilt, wie Fig. 17 zeigt. Die Stücke dieser Linien sind, wenn man wenig Sand auf der Platte anwendet, zuweilen sehr klein, Fig. 18; wenn mehr Sand zugegen ist, fallen sie bisweilen dicker aus (Fig. 19), und dann erhalten sie das Ansehen von Häufchen, in Linien liegend, welche die die Wasserhäufchen regulirenden Linien unter Winkeln von 45° schneiden; die Zahl dieser Häufchen ist gerade doppelt so groſs als die der Wasserhäufchen. Manchmal häuft sich der Sand gerade an den Durchschnittspunkten an, wo er sonst fehlt (Fig. 20); und manchmal sammelt er sich hier nur hauptsächlich, während er zugleich die ursprüngliche Figur durch einige wenige verbindende Theilchen zeigt (Fig. 21).

88) Auch wenn die Häufchen, die in (84) beschriebene Gestalt besitzen, wird der Sand unter ihnen fortgespült; er bildet dann keine Linien parallel mit den rechtwinkligen Reihen der Häufchen, sondern ordnet sich wie in Fig. 22.

89) Sind nur die kreisrunden linienförmigen Häufchen da, so nimmt der Sand ähnliche kreisrunde Gestalten an, concentrisch und abwechselnd mit den Wasser-Erhebungen.

90) Streut man etwas Lycopodium auf das Wasser, um über den Vorgang auf der Oberfläche bei der Kräuselung Aufschluſs zu erhalten, so bewegt es sich auf demselben nach allen Richtungen, während die Kräuselungen unter ihm mit der gröſsten Unbeweglichkeit verharren. Dasselbe geschieht mit Korkstücken auf sehr groſsen Kräuselungen (98). Wenn man aber viel Lycopodium aufstreut, so daſs die Theilchen einander in einer festen Lage erhalten, so bildet es Linien (Wheatstone) parallel der Anordnung der Wasserhäufchen, indem es von den Theilen über den Häufchen abgeschoben wird, und sich gegen den darunter liegenden Sand rechtwinklich

Digitized by Google

anordnet. Da die Figuren des Lycopodiums auf dem Wasser schwimmen, so gerathen sie leicht in Unordnung, und erreichen in keiner Hinsicht die Schönheit der vom Sand gebildeten Figuren; doch ist das Lycopodium bei kleinen Kräuselungen nützlicher als der Sand.

91) Mannigfaltige Umstände haben Einfluſs auf die Kräuselungen. Sie beginnen gewöhnlich an dem Orte der gröſsten Vibration; allein wenn die Menge der Flüssigkeit daselbst klein und an anderen Stellen gröſser ist, so fangen sie an diesen an. Ihre vollendete Gestaltung hängt auch viel von der Form der Platte ab, so wie von dem Wasserpfuhl, auf dem sie sich bilden. Sind die Platten oder Pfuhle rectangulär, und vibriren alle Theile mit gleicher Schnelligkeit, so neigen die Häufchen-Reihen unter 45° gegen die Ränder. Wendet man aber halbkreisförmige oder anders gestaltete Platten an, so ist die Anordnung, wiewohl quadrangulär, doch unbeständig, bricht oftmals auf, und springt stückweise in andere und veränderliche Lagen über.

92) Wendet man Quecksilber an (77), so ändert das Häutchen, welches sich nach einiger Zeit auf dessen Oberfläche bildet, je nach der Weise seiner Runzelung, die allgemeine Anordnung der neuen Kräuselungen stark ab.

93) Als eine kreisrunde Platte, dort durch Korkfüſse unterstützt, wo sich eine einzige Knotenlinie gebildet hatte, mit Wasser übergossen und durch einen in der Mitte aufgesetzten Stab in Vibration gesetzt wurde, erstreckten sich die Kräuselungen von der Mitte gegen die Knotenlinie hin. Zuweilen waren sie rechtwinklig angeordnet; allein sie veränderten unaufhörlich ihre Lage und Form. Manchmal erschienen die Häufchen in sechseckiger Gestalt und in sechseckiger Anordnung; allein auch diese veränderte sich beständig. Diese und viele andere Versuche (83) zeigten, daſs die Richtung und Beschaffenheit der Vibration der Platte (d. h. die Linien gleicher

oder variirender Vibrationskraft) einen mächtigen Einfluſs auf die Regelmäſsigkeit und endliche Anordnung der Kräuselungen hat.

94) Das schöne Schauspiel, welches sich zeigt, wenn man die Kräuselungen im Sonnenschein hervorbringt oder mit einem starken künstlichen Licht untersucht, wurde bereits erwähnt (78, 79). Wenn man das reflectirte Bild eines Häufchens untersucht (wozu Dinte (75) oder Quecksilber (77) am paſslichsten ist), so findet man nicht daſs es still steht, wie im Fall das Häufchen sich im Zustande der Permanenz und Ruhe befände, noch daſs es eine verticale Linie bildet, wie es der Fall seyn würde, wenn das Häufchen, obwohl permanenter Existenz, doch mit der Platte hin und her wanderte, sondern daſs es sich bewegt, und zwar in einer geschlossenen Bahn, ähnlich denen, welche die Claviersaiten bei Young's Versuchen *) oder die Stäbe in Wheatstone's Kaleidophon **) beschreiben, und verschieden nach der Lage des Lichts und des Beobachters, aber constant für jede besondere Lage und Vibrationsgeschwindigkeit. Stellt man das Licht und das Auge in fast senkrechten Richtungen gegen die allgemeine Fläche der Flüssigkeit, um den directen Einfluſs der Vibrationsbewegung zu entfernen, so bildet sich doch die leuchtende, lineare, geschlossene Figur, mit einer gröſseren oder geringeren Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen, je nach der Lage des Lichts und des Auges zu der gekräuselten Fläche, und zuweilen in seiner Ausdehnung gleichkommend der Breite der Häufchen, d. h. dem Abstande zwischen den Gipfeln zweier benachbarten Häufchen, aber ihn nie übertreffend. Ein Häufchen giebt genau dieselbe Figur wie alle übrigen Häufchen, sobald die Vibrationskraft der Platte gleich (70) und die Anordnung regelmäſsig ist.

*) Annal. Bd. XXII S. 249 und 337. *P.*

**) Annal. Bd. X (86) S. 470. *P.*

95) Die Ansicht, welche ich mir aus den im vorhergehenden Aufsatz beschriebenen Erscheinungen über die Natur dieser Häufchen im Voraus zu bilden veranlaſst ward, bestand darin, daſs jedes Häufchen eine permanente, den Lycopodium-Kegeln (53, 58) ähnliche Erhöhung wäre, worin die Flüssigkeit in der Mitte in die Höhe stiege und an den Seiten herabflöſse, so daſs das ganze System von der Cohäsivkraft der Flüssigkeit influencirt und regulirt würde. Allein die erwähnte Beschaffenheit des reflectirten Bildes, verbunden mit andern bereits beschriebenen Erscheinungen, führten zu dem Schluſs, daſs ungeachtet der scheinbaren Permanenz der gekräuselten Fläche, besonders wenn sie, wie bei der gewöhnlichen Methode, in einem kleinen Maaſsstabe hervorgebracht worden, die Häufchen nicht permanent wären, sondern mit jeder Vibration der Platte aufgerichtet und zerstört würden, und ferner, daſs die Häufchen nicht alle zugleich vorhanden wären, sondern (je nach dem Ort) zwei Reihen von gleicher Zahl und Anordnung bildeten (Fig. 23), die niemals gleichzeitig, sondern abwechselnd Bestand hätten, in einander übergingen, und durch die Schnelligkeit ihrer Wiederkehr den Schein einer gleichzeitigen und selbst permanenten Existenz hervorbrächten. Im Fall diese Ansicht sich bewährte, schien es leicht zu seyn, die Bildung der Häufchen, ihre regelmäſsige Anordnung u. s. w. zu erklären, und daraus ihre Wiederkehr, Dimension und viele andere Punkte ihrer Beschaffenheit herzuleiten.

96) Als eine Wasserkräuselung, die vier bis fünf Häufchen auf den Zoll enthielt, hervorgebracht, eine Lichtflamme darunter, und ein Schirm von durchscheinendem Papier darüber gestellt wurde, waren die Erscheinungen auf letzterem sehr schön zu sehen, so daſs sie darauf gezeichnet werden konnten. Ajustirte man nun den Abstand des Schirms nach der Brennweite der Krümmung, welche die flüssige Fläche an einzelnen Theilen besaſs,

so liefs sich durch Beobachtung der erzeugten Lichtfiguren und deren Veränderung beim An- oder Abrücken des Schirms die allgemeine Gestalt der Oberfläche auffinden. Jedes Häufchen gab bei einem gewissen Abstand von dem Schirm einen Lichtstern (⊙ Fig. 24), welcher funkelte, d. h. abwechselnd erschien und verschwand, so wie das Häufchen stieg oder sank. Gleichweit von diesen, an den mit × bezeichneten Stellen, erschienen schwächere Sterne, und, wenn man den Schirm zu oder von der Wasserfläche rückte, erschienen in zwei und selbst vier Richtungen Lichtlinien, welche die leuchtenden Punkte durchschnitten und anscheinend permanent waren, so lange die Umstände dieselben blieben. Diese Vorgänge liefsen sich fast bis zu jedem Maafsstabe vergröfsern (72).

97) Als man Häufchen von ähnlicher Gröfse mit verdünnter Dinte auf Glas (75) hervorbrachte und weifses Papier oder einen beleuchteten Schirm durch sie betrachtete, war eine damenbrettartige Figur zu sehen. In einer gewissen Stellung erschienen die Häufchen durch Linien von gewisser Stärke von einander getrennt; allein die Vierecke, welche die Häufchen vorstellten, waren im Allgemeinen heller. In einer andern Stellung, wenn nur wenig Licht von der Oberfläche der Häufchen reflectirt wurde, erschienen ihre Stellen, wegen der gröfseren Dicke der Dintenschicht daselbst, schwarz. Bei einiger Sorgfalt liefs sich eine andere Stellung auffinden, bei der die gesammte Fläche aus abwechselnd hellen und dunkeln Flächen bestand, wie Fig. 25 zeigt, nicht stetig, sondern in zitternder Bewegung begriffen, welche sich bei aufmerksamer Betrachtung als Folge eines schnellen und gleichzeitigen Wechsels der lichten Stellen in dunkele, und der dunkeln in helle auswies. Wurde statt des Glases eine polirte Zinnplatte unter verdünnter Dinte angewandt, so liefsen sich die damenbrettartigen Felder und deren Abwechslungen noch schöner beobachten.

98) Veranlafst durch diese Erscheinungen wurden

Vorrichtungen in sehr grofsem Maafsstabe zusammengesetzt (72), welche Häufchen von drittehalb Zoll im Durchmesser gaben *). Mit diesen war es beim blofsen Anblick einleuchtend, dafs die Häufchen nicht still standen, sondern stiegen und fielen; so wie auch, dafs zwei Klassen von ihnen, regelmäfsig und abwechselnd angeordnet, vorhanden waren, von denen die eine stieg, wenn die andere sank.

99) Sand gab keine Anzeigen von Anordnungen mit diesen grofsen Hügeln (86). Als aber grobe Sägespäne, so mit Wasser getränkt, dafs sie darin untergingen, in der Flüssigkeit vertheilt wurden, gaben ihre Bewegungen eine schöne Erläuterung der ganzen Theorie dieser Erscheinungen. Wie früher der Sand (86) wurden die Sägespäne sogleich unter den steigenden und sinkenden Häufchen weggeschwemmt, und an gleich weit von und zwischen diesen Häufchen liegenden Stellen angehäuft; durch ihr Hin- und Hergehen zeigten sie deutlich, wie das Wasser, beim Steigen und Sinken der Häufchen, von einem zum andern oscillirte.

100) Gebraucht man Milch (75) statt Wasser zu diesen grofsen Vorrichtungen in einem dunkeln Zimmer über einer Lichtflamme, so sind die Erscheinungen sehr schön und von ähnlichem Charakter wie die beschriebenen (97).

101) Im Laufe zweier vollständigen Vibrationen **) der darunter befindlichen Fläche erscheint oder entsteht

*) Diese Schätzung ist wie die frühere der kleineren Häufchen in der Voraussetzung gemacht, dafs die Häufchen gleichzeitig vorhanden waren. Klar ist es aber, dafs wenn nur die halbe Anzahl zugleich da war, jedes Häufchen zweimal so grofs im Durchser, oder viermal so grofs im Querschnitt seyn mufste, als das, welches bei gleichzeitigem Daseyn aller gebildet werden konnte.

**) Unter einer Vibration ist hier die Bewegung der Platte von dem Abgang aus einer ihrer Gränzlage bis zur Rückkehr daselbst verstanden.

Digitized by Google

jedes Häufchen wieder; da aber zwei Klassen von Häufchen da sind, so erscheint bei jeder Vibration eine Klasse. Das Maximum und Minimum der Höhe scheint bei den Häufchen abzuwechseln, fast unmittelbar nachdem die Platte angefangen hat herabzusinken, um eine vollständige Vibration auszuführen.

102) Viele dieser Resultate werden durch die schönen Erscheinungen bestätigt, welche entstehen, wenn man auf Quecksilber, auf welchem man ein Häutchen von gewisser Dicke sich hat bilden lassen (77), eine Zeit lang regelmäſsige Kräuselungen hervorbringt. Betrachtet man hernach das Häutchen in einem gewissen Lichte, so erblickt man daselbst Linien, welche in einer Richtung mit den Intervallen der Häufchen zusammenfallen; unter einem anderen Lichte erscheinen Linien, die mit der andern Richtung zusammenfallen, während die ersten verschwinden; unter einem dritten Lichte sieht man beide Systeme von Linien, und zwar die viereckigen Stellen, wo die Häufchen existirten, ausschneidend. Auf diesen Stellen war das Häutchen gerunzelt und aufgeschwellt, wie wenn es ausgestreckt gewesen wäre. Auf den Linien war es nur ein wenig gerunzelt und sah wie ein Gewebe aus; an den Durchkreuzungspunkten der Linien war es ganz frei von Unebenheiten und völlig ausgespannt. Alles dieſs ergiebt sich natürlich, wenn man annimmt, das Häutchen sey eine biegsame aber unelastische Hülle für die ganze Fläche gewesen, während die Häufchen emporstiegen und zusammensanken.

103) Der Vorgang, durch den diese Häufchen gebildet werden, muſs nun sehr einleuchtend seyn; er ist in gewisser Beziehung dem analog, durch welchen die bereits beschriebenen Ströme und wirbelnden Häufchen entstanden. Beim Emporsteigen sucht die Platte die auf ihr liegende Flüssigkeit zu heben, und beim Herabsinken von derselben zurückzuweichen; die Kraft, welche sie der Flüssigkeit mittheilt, kann sich, vermöge der physischen

Beschaffenheit der letzteren, von Theilchen zu Theilchen nach jeder Richtung fortpflanzen. Die Häufchen befinden sich im Maximo ihrer Erhebung gerade im Moment, wo die Platte beginnt von ihnen zurückzuweichen; ehe sie diese Bewegnng herunterwärts vollendet hat, hat der atmosphärische Druck und der Krafttheil, welcher den Häufchen durch die Platte mittelst Adhäsion mitgetheilt worden ist, bereits gewirkt, und so wie also die Platte anfängt wieder emporzusteigen, stöfst sie auf die in entgegengesetzter Richtung sich bewegenden Häufchen, welche in Folge hievon sich nicht erhöhen, sondern sich seitwärts ausbreiten. Alle in Thätigkeit befindlichen Kräfte vereinigen sich, um an genau intermediären Punkten ein ähnliches System von Häufchen zu heben, die das Maximum ihrer Höhe genau in dem Augenblick erreichen, wo die Platte wieder anfängt zurückzuweichen; diese erleiden also eine ähnliche Art der Zerstörung, und wiederholen dabei genau alle Erscheinungen der ersten Häufchen. Auf diese Weise oscilliren die beiden Systeme bei jeder Vibration der Platte, und zwar so lange als die Platte sich mit einer gewissen Stärke bewegt. Ein grofser Theil der Kraft wird dazu verwandt, diese Oscillationen der Flüssigkeit gegen den Widerstand, den die Cohäsion der Flüssigkeit, die Luft, die Reibung der Platte und andere Ursachen verursachen, aufrecht zu halten.

104) Es ergiebt sich nun ein natürlicher Grund weshalb, wenn die Kräuselung recht vollkommen ist, viereckige und rechtwinklige Gestaltungen auftreten. Das Sechseck, das Viereck und das gleichseitige Dreieck sind die einzigen Figuren, welche einen Flächenraum ganz ausfüllen können. Das Viereck und das Dreieck sind die einzigen Figuren, welche eine symmetrische Abwechslung der einen Hälfte mit der andern zulassen, so wie sie bei den zwei wechselseitigen Systemen von Häufchen, Fig. 26, stattfindet, und von diesen beiden sind, bei gleichem Flächenraum, die Gränzlinien zwischen den Qua-

draten kürzer als die zwischen den gleichseitigen Dreiekken. Es ist also klar, dafs eine dieser Anordnungen, nämlich die quadratische, zuletzt von den Häufchen angenommen wird, weil alsdann die Flüssigkeit in ihren Undulationen den kleinsten Widerstand gegen die Bewegungen der Platte darbietet, oder am leichtesten in die Lagen übergeht, in welchen die Kräfte, welche sie von der Platte empfängt, zu ihrer Antreibung conspiriren.

105) Alle beobachteten und beschriebenen Erscheinungen lassen sich, wie mir scheint, nun begreifen. Die Flüssigkeit kann als ein Pendel betrachtet werden, das unter einem gegebenen Impuls hin und her schwankt; verschiedene Umstände, wie specifisches Gewicht, Cohäsion, Friction, Intensität der Vibrationskraft etc. bestimmen die Gröfse der Oscillation, oder, was gleich ist, die Zahl der Häufchen in einem gegebenen Flächenraum. Wird die Zahl der Vibrationen in einer gegebenen Zeit vergröfsert, so vermehren sich die Häufchen, weil die Oscillation, um schneller zu seyn, in einem kleineren Raum geschehen mufs. Die Nothwendigkeit einer gewissen Tiefe der Flüssigkeit (73) ist klar, und eben so erhellt, weshalb bei Veränderung der Tiefe (82) die Seitendimension der Häufchen sich verändert. Die Anordnung von Sand und Lycopodium bei den Kräuselungen und das Auftreten der letzteren an den Vibrationsmittelpunkten, und zwar nur bei transversal vibrirenden Flächen sind insgesammt offenbare Folgen. Die Beständigkeit der Seitendimension der Häufchen, wenn die Geschwindigkeit der vibrirenden Platte variirt, ist eine sehr merkwürdige Erscheinung, und wahrscheinlich wird die mathematische Behandlung (*investigation*) dieser Erscheinungen für die Folge die Untersuchung über die Undulationen der Flüssigkeiten, ihre physischen Eigenschaften und die Durchleitung von Kräften durch sie bedeutend erleichtern.

106) Hinsichtlich des Ursprungs der Kräuselungen

Digitized by Google

kann keine Schwierigkeit obwalten. Der kleinstmögliche Unterschied in irgend einem Umstand zwischen diesen oder jenen Ort der vibrirenden Platte veranlaſst daselbst eine Hebung oder Senkung der Flüssigkeit. Das kleinste Staubtheilchen, das auf die Platte fällt, oder die kleinste Hervorragung auf der Platte, oder das kleinste Theilchen in der Flüssigkeit, das specifisch leichter oder schwerer als die übrige Masse ist, kann den ersten Anstoſs zu diesem Vorgang geben, der nun bei jeder Vibration an Gröſse zunimmt. Bei jeder Vibration wird die Breite der Häufchen wenigstens nach vier Richtungen vergröſsert, so daſs in weniger als einer Secunde die ganze Fläche in Kräuselung versetzt seyn wird, selbst unter der unwahrscheinlichen Voraussetzung, daſs sie anfänglich nur von einem einzigen Punkt ausging.

107) Ich halte es nicht für nöthig, mich bei der Erklärung der ringförmigen Erhöhungen aufzuhalten, welche auf kreisrunden oder langen Platten bei schwacher Vibration erzeugt werden (83, 93, 110). Sie erklären sich nach denselben Grundsätzen, wenn man zugleich die Anordnung und das Verhältniſs der Vibrationskraft in den verschiedenen Theilen der Platten in Betracht zieht.

108) Die Häufchen, aus denen die Kräuselung (wie dieser Ausdruck im gegenwärtigen Aufsatz gebraucht wird) besteht, sind in Gestalt, Beschaffenheit und Bewegung ihrer Theilchen dasselbe, was man stehende Wellen genannt hat. Wenn man Quecksilber, in einer kreisrunden Schale befindlich, in der Mitte mit den Fingern betupft, so bilden sich stehende Wellen ähnlich den ringförmigen Häufchen (83, 110); oder wenn man Quecksilber oder Wasser in gleichen Zwischenzeiten mit einem rectangulären Rahmen schlägt, so erzeugen sich Häufchen, welche, wie bei den Kräuselungen, quadrangulär angeordnet sind und mit dem Rahmen den Winkel 45° bilden. Diese Erscheinungen sind den zuvor beschriebenen gleich, aber von einer ganz andern Ursache hervorge-

bracht. Die ersteren sind das Resultat von zwei, die letzteren das von vier progressiven und entgegengesetzten Undulationen. Die Häufchen der Kräuselungen werden durch den Impuls, den die vibrirende Platte der Flüssigkeit einprägt, hervorgebracht, entstehen daraus, dafs die Vibrationen der Flüssigkeit zwei Mal so viel Zeit als die Vibrationen der Platte erfordern, und hängen nicht von fortschreitenden, an den Seitenwänden entspringenden Wellen ab, wie es viele der beschriebenen Erscheinungen beweisen. Als man z. B. die Seitenwände schief beschnitt (72, 110), oder mit Tuch oder angefeuchteten Sägespänen überzog, so dafs die Wellen, welche sie erreichten, zerstört wurden, oder, als man die Gränzen des Wassers oder der Platten rund (91) oder unregelmäfsig machte, erzeugten sich dennoch Häufchen, und zwar in quadratischer Anordnung. Bei Anwendung einer runden Platte (93), bildeten sich ebenfalls regelmäfsige Kräuselungen, obgleich sie in diesem Fall nicht von progressiven und entgegengesetzten Undulationen erzeugt worden seyn konnten, da das Wasser sich über die Knotenlinie erstreckte und sich daselbst vollkommen ruhig erhielt. Velinpapier, das über einen Ring ausgespannt und durch den erregenden Stab concav gemacht wurde, bewirkte den nämlichen Effect.

109) Als eine schwach concave Zinnplatte auf einer Latte (69) so befestigt wurde, dafs alle ihre Theile gleiche Vibrationsbewegung hatten, und man nun etwas verdünnte Kalilauge (welche sie benetzte) auf dieselbe schüttete, so bildeten sich Kräuselungen in der Mitte, nicht aber gegen die Seiten hin, an denen, obgleich sie wohl angefeuchtet waren, das Wasser nicht Tiefe genug hatte, und von denen also keine Wellen reflectirt werden konnten, um auf die gewöhnliche Weise stehende Undulationen zu bilden.

110) Eine ähnliche Vorrichtung mit Quecksilber und einer concaven Zinnplatte gab die Erscheinungen noch schö-

Digitized by Google

schöner und überzeugender. Der Theil in der Mitte war mit einer regelmäfsigen Gruppe rectangulärer Kräuselungen bedeckt; in einigem Abstand von der Mitte, wo das Quecksilber eine geringere Tiefe hatte, gingen sie in eine grofse Zahl concentrischer, ringförmiger Erhöhungen über, und aufserhalb derselben, wo das Quecksilber zwar noch das Zinn benetzte, aber eine zu dünne Schicht bildete, entstanden weder Ringe noch Häufchen. Hier gab es demnach keine reflectirten Wellen, oder, wenn man sie dennoch für möglich hielte, würden dieselben doch nicht gleichzeitig die kreisförmigen Ringe und die quadratische Kräuselung haben bilden können. Als diese Platte in Vibration gesetzt wurde, spritzte das Quecksilber in allen Richtungen an den Seiten in die Höhe, als natürliche Folge der Erzeugung mächtiger Oscillationen in der Mitte, welche ihre Kraft seitwärts ausbreiteten, aber ganz der Annahme entgegen, dafs eine Durchkreuzung sich begegnender, an den Seitenwänden gebildeter Wellen stattgefunden hätte.

111) Eine begränzte Tiefe der Flüssigkeit ist keinesweges nothwendig zur Erzeugung von Kräuselungen auf deren Oberfläche. Ein runder Glascylinder, etwa 5 Zoll im Durchmesser und 4 Zoll tief, wurde auf einer Latte (69) befestigt, mit Wasser gefüllt und durch einen an der Seite aufgesetzten Stab in Vibration gesetzt (71). Sogleich bedeckte sich das Wasser mit der regelmäfsigsten Kräuselung, d. h. mit quadrangulär geordneten Häufchen. Als man einen Theil des Wassers herausnahm und durch Oel ersetzte, nahm dessen Oberfläche dieselbe Gestalt an. Als Quecksilber in einer zolldicken Schicht unter das Wasser gegossen wurde, kräuselte sich auch dieses (das Quecksilber). Endlich wurde der Versuch mit einer Wassermasse von 14 Zoll Tiefe angestellt. In einer mäfsigen Tiefe schienen die Wassertheilchen keine andere Bewegung als die der ganzen Masse zu haben, und der gesammte untere Theil des Wassers konnte als

eine starre Masse, auf welcher der undulirende obere ruhte, angesehen werden. In der That ist es für die Flüssigkeit gleichgültig, was sich unter ihr befindet, vorausgesetzt nur, diefs habe hinlängliche Cohäsion, sey in Bezug auf die flüssige Oberfläche gleichförmig, und könne die Vibration ungestört zu ihr hindurchlassen *).

112) Die schöne Erscheinung, welche sich auf solche Weise an der gemeinschaftlichen Gränze zweier unvermischbaren Flüssigkeiten zeigte, wenn diese ungleich dicht waren, und die dichtere von ihnen sich leichter in die schnellen, regelmäfsigen und abwechselnden Verschiebungen ihrer Unterlage, falls diese horizontal lag, fügen konnte, veranlafste die Untersuchung, wie sich wohl die Flüssigkeit bei seitlichen oder oberflächlichen Verschiebungen ordnen würde.

113) Zu diesem Zweck wurde die lange Platte (67, 81) vertical aufgestellt, mit ihrem unteren Ende etwa ein Drittelzoll in Wasser getaucht (Fig. 27) und durch einen in × angesetzten Stab oder durch Betupfen mit den Fingern in Vibration gesetzt. Es entstanden Undulationen von eigenthümlichem Charakter. Die, welche von der Platte zu den Seiten des Gefäfses gingen, waren kaum sichtbar, obgleich die Platte stark vibrirte; allein statt ihrer erschienen andere, zu deren Erzeugung die von der vibrirenden Platte auf die Flüssigkeit ausgeübte Kraft hauptsächlich verwandt wurde. Diese bestanden aus permanenten, in regelmäfsigen Intervallen liegenden Erhöhungen, welche von der Platte, an der sie am stärksten waren, direct ausgingen und sich über die Wasserfläche verbreiteten, den Zähnen eines weiten Kammes ähnelten, allmälig an Höhe abnahmen, und eine Länge von etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll besafsen (Fig. 28). Sie veränderten sich zu Anfange an dem Glase entweder durch Auftreten intermediärer Riffe, oder in Höhe, Länge, Anzahl, oder durch Aufbrechen in heftig erschütterte Bläschen oder Tropfen etc., je nachdem die Platte mehr oder

weniger in Wasser tauchte, mehr oder weniger stark vibrirte, beim Vibriren in Unterabtheilungen zerfiel, oder sich in anderer Hinsicht veränderte. Wenn aber die (16 bis 17 Zoll lange) Platte etwa $\frac{1}{6}$ Zoll tief eintauchte, dann nahmen vier dieser Erhöhungen möglichst nahe denselben Raum ein als vier Häufchen, die mit derselben Platte auf frühere Art gebildet (83) und von demselben Ton begleitet wurden.

114) Spannt man eine Holzplatte mit ihrem oberen Ende senkrecht in einen Schraubstock ein, so können am unteren Ende derselben Platten von beliebiger Gestalt und Gröfse befestigt und mehr oder weniger tief in Wasser eingetaucht werden. Durch Abänderung der Tiefe der Eintauchung oder der Länge der Latte, oder der Ansatzstelle des erschütternden Stäbchens (71) lassen sich dann Vibrationen von jeglicher Schnelligkeit und Gröfse erhalten.

115) Sehr schöne und regelmäfsige Riffe von beliebiger Breite (Fig. 28) bekommt man, wenn man an dem Ende der Latte ein Brettchen, 8 Zoll lang und 3 Zoll breit, befestigt, und um die Seitenstörungen zu vermeiden, an dessen Seitenkanten, senkrecht gegen seine Ebene, zwei Zinnplättchen von 5 Zoll Länge und 4 Zoll Breite anbringt. Diese Riffe bilden sich, wie zuvor, nur am Brettchen, und sind den Richtungen seiner Vibrationen parallel. Sie sind an beiden Seiten der vibrirenden Platte von gleicher Regelmäfsigkeit, gleicher Stärke und Gröfse, scheinen aber in keinem Zusammenhange zu einander zu stehen, denn zuweilen entsprechen sie einander in ihrer Lage, zuweilen nicht, indem die einen etwas verschoben werden, die andern aber ihren Ort behalten.

116) Dabei läfst sich bemerken, dafs die Riffe an jeder Seite der vibrirenden Platte aus zwei abwechselnden Reihen bestehen. Denn bei jedem Hin- und Hergange oder jeder vollständigen Schwingung der Platte erscheint eine dieser Reihen, so dafs bei zwei vollständi-

gen Vibrationen der Cyclus der Veränderungen abläuft. Korkstückchen und Lycopodium zeigen, dafs in Richtung der Riffe kein bedeutender Strom vorhanden ist. Gegen die Spitze der Riffe hin oscilliren die Korkstücke von einem Riff zum nächsten und wieder zurück. Das Lycopodium scheint sich bisweilen auf den Riffen von dem Holze, und zwischen den Riffen zu dem Holze zu bewegen. Die Bewegung ist indefs unregelmäfsig, und es ist kein allgemeiner Strom aufserhalb oder innerhalb. Es sind nicht so viele Störungen als unter den Häufchen (90) zu bemerken.

117) Eine sehr einfache Vorrichtung zeigt diese Riffe niedlich. Man fülle eine ovale oder kreisrunde Schale, 15 bis 18 Zoll im Durchmesser, mit Wasser, und halte ein 12 bis 15 Zoll langes Lineal (69) hinein, mit einer Seitenkante nach oben, so dafs es mit den Enden sich gegen die Seitenwände des Gefäfses stemmt und in die Wasserfläche einschneidet. Wenn man es dann durch einen mit den feuchten Fingern geriebenen Glasstab in horizontale Schwingungen versetzt, erscheinen sogleich Riffe von der Länge eines Zolls und mehr. Auch wenn die obere Kante des Lineals sich einen Zoll tief unter dem Wasser befindet, lassen sich Riffe hervorbringen. Hat das Gefäfs einen gläsernen Boden, und stellt man eine Lichtflamme darunter, so sind auf einem darüber gehaltenen Schirm die Figuren sehr schön und leuchtend zu sehen (96). Diese Versuche lassen sich leicht mit Glas-, Metall- und anderen Platten anstellen.

118) Diese riffartigen stehenden Undulationen sind hinsichtlich ihrer Entstehung, Anordnung und Wirkung ganz den schon erklärten Häufchen und Kräuselungen analog, d. h. sie sind das Resultat derjenigen, auf der Richtung der erregenden Kraft (105) senkrechten Vibrationsbewegung, durch welche das Wasser sich am leichtesten den regelmäfsigen und abwechselnden Volumens-

Digitized by Google

änderungen in unmittelbarer Nachbarschaft der oscillirenden Theile anpassen kann.

119) Aus dieser Betrachtungsweise war einleuchtend, dafs ähnliche Erscheinungen erzeugt werden würden, wenn man eine Substanz in Berührung mit der Oberfläche einer Flüssigkeit, senkrecht oder unter irgend einem Winkel gegen dieselbe, vibriren liefse. Defshalb wurde ein Lineal mit einem seiner Enden in einen Schraubenstock gespannt, und zwar horizontal, so dafs es vertical vibriren konnte. An die Unterseite des freien Endes wurde ein Kork gekittet, Wasser in einer Schale darunter gestellt, so dafs es mit seiner Oberfläche den Kork gerade berührte. Als nun das Lineal durch einen mit den Fingern geriebenen Glasstab (67) in Vibration gesetzt wurde, bildete sich um den Kork ein regelmäfsiger und schöner Stern von zwei, drei und selbst vier Zoll langen Riffen (Fig. 29). Die Zahl dieser Riffe war gröfser oder kleiner, je nach der Zahl der Vibrationen etc. So wie das Wasser sich hob und der Cylinder tiefer in dasselbe eintauchte, wurden die Riffe schwächer, und zuletzt verschwanden sie; dagegen waren sie am vollkommensten ausgebildet, wenn der Cylinder die Oberfläche gerade berührte. Diefs ist eine nothwendige Folge der Abhängigkeit der Riffe von der bei jeder Vibration vertical verschobenen und wieder zurückgeführten Wasserportion. Wenn diese, die nur einen Theil der gesammten Oberfläche ausmacht, sich an oder nahe an der Oberfläche befindet, so entstehen die Riffe frei in deren unmittelbaren Nachbarschaft. Befindet sie sich in einer gröfseren Tiefe (da sie immer unter dem Korke bleibt), so breitet sich die Verschiebung über eine gröfsere Masse und Oberfläche aus; jedes Theilchen bewegt sich durch einen geringeren Raum und mit geringerer Geschwindigkeit, und folglich müssen die Vibrationen stärker seyn und die Riffe schwächer werden oder ganz verschwinden. Die Re-

Digitized by Google

fraction einer Lichtflamme durch diesen Stern erzeugt auf einem Schirm eine sehr schöne Figur.

120) Stellt man eine grofse Stimmgabel, die mäfsig stark vibrirt, mit dem Ende einer Zinke entweder vertical oder geneigt oder in irgend einer andern Lage eben in Berührung mit der Oberfläche von Wasser, Dinte, Milch u. s. w. (75), so zeigt sie auf einen Augenblick die Erscheinung sehr gut. Sie zeigt die Riffe auch auf Quecksilber; allein die Bewegung und der Widerstand eines so dichten Körpers bringt die Stimmgabel bald zur Ruhe. Sie bildet auch Riffe in heifsem Oel, aber nicht in kaltem (76). Mit kaltem Oel erzeugt eine sehr geneigte Stimmgabel eine pumpenartige Wirkung, welche vier Ströme emporbringt, und sich leicht erklären läfst, aber mit den gegenwärtigen Erscheinungen nicht so innig zusammenhängt, als dafs sie hier ausführlicher betrachtet zu werden brauchte.

121) Bekannt sind die Kräuselungen, welche sich auf Wasser in einem Gefäfse erzeugen, wenn man einen angefeuchteten Finger auf dem Rande desselben herumführt. Das Glas theilt sich in vier vibrirende Stücke, denen gegenüber die Kräuselungen am stärksten sind, und es sind, in Bezug auf einen horizontalen Durchschnitt, vier Knotenpunkte in gleichen Abständen von einander vorhanden. Nimmt man zu dem Gefäfse eine grofse Glasflasche, und sind die erzeugten Töne sanft, so zeigt die Wasserfläche Riffe an den Vibrationsmittelpunkten. Wird der Ton lauter, so breiten sie sich rings um das Glas aus, und zuletzt zerfallen sie an den Vibrationsmittelpunkten in unregelmäfsige Kräuselungen; allein die Riffe sowohl wie die Kräuselungen sind Wirkungen der schon beschriebenen Art, und erfordern daher keine weitere Erörterung.

122) Es giebt einige, mehr oder weniger mit den beschriebenen Vibrations-Erscheinungen zusammenhän-

Digitized by Google

gende Effecte, von denen ich hier einen kurz erwähnen will. Wenn man bei einem starken anhaltenden Wind eine flache Sandküste an einem Orte beobachtet, wo der Wind nicht durch Vertiefungen oder Steine gebrochen wird, und wo Wasser genug da ist, daſs der Boden ganz bedeckt wird, ohne daſs sich daselbst Wellen bilden könnten, so erblickt man stehende Oscillationen auf der ganzen benetzten Fläche, welche Streifen bilden, die, den beschriebenen ähnlich, mehre Zoll lang sind. Es sind nicht Wellen gewöhnlicher Art, sondern sie liegen der Richtung des Windes genau parallel; sie sind von gleichförmiger Breite, wie ausgedehnt die Fläche auch sey, verändern ihre Breite nur dann, wenn die Stärke des Windes oder die Dicke der Wasserschicht veränderlich ist. Man kann sie an der windwärts liegenden Seite der Wasserpfühle auf dem Sande sehen; sie zerfallen sogleich als die Wellen erscheinen. Beruhigt man die Wellen, indem man Oel auf die Windseite des Wassers gieſst, so erscheinen die Riffe an diesen Stellen. Man erblickt sie, sobald Windstöſse den Regen begleiten, häufig auf Straſsenpflaster, Wegen und Dächern, aber so verworren, daſs man sie daraus nicht erkennen kann. Der Charakter dieser Riffe und ihre Identität mit den stehenden Undulationen lassen sich erkennen, wenn man sich und sein Auge darauf übt, sie zu zerlegen in zwei Reihen gewöhnlicher fortschreitender Wellen, welche, senkrecht gegen die Windesrichtung, einander begegnen. Da aber solche Reihen nicht durch einen Wind, der so bliese, wie der, welcher die gewöhnlichen Wogen bildet, bewirkt werden könnten (indem die Richtung ganz einer solchen Idee widerspricht), so glaube ich, daſs die Erscheinung dadurch hervorgerufen wird, daſs das Wasser einen Oscillationszustand annimmt, der dem beschriebenen ähnlich ist, wahrscheinlich etwas durch die umgebende Luft abgeändert wird (124), und Analogie hat mit den

Vibrationen der Saiten auf der Aeolsharfe, oder selbst der Luftsäulen in Orgelpfeifen und andern mit Mundstücken versehenen Instrumenten.

Diese Furchen sind so stark, dafs der Sand unter ihnen ihre Formen annimmt, da wo die gewöhnlichen Wellen nicht Stärke genug haben würden, dem Boden diese Gestalten zu geben.

123) Alle bis hieher beschriebenen Erscheinungen können sich auf der *Oberfläche* derjenigen Flüssigkeiten zeigen, welche man für gewöhnlich als unelastisch betrachtet, und bei denen die Elasticität, welche sie besitzen, keine wesentliche Eigenschaft ausmacht; es ist nicht möglich, dafs sie sich im Innern dieser Masse zeigen können. Erweitert man die Schlüsse, so scheint es indefs nicht ganz unmöglich, dafs ähnliche Erscheinungen auch in den Gasen und Dämpfen stattfinden, wobei die Elasticität die für das Vibriren nöthige Bedingung liefert, welche, bei den Flüssigkeiten, in einer plötzlichen Begränzung der Masse durch eine nicht eingeschlossene verschiebbare Oberfläche gegeben ist.

124) Wenn dem so ist, so mufs, wenn eine Platte in der Atmosphäre vibrirt, die unmittelbar mit ihr in Berührung stehende Luft sich in zahlreiche Portionen theilen, welche zwei abwechselnde Reihen wie die beschriebenen Häufchen (25) bilden, eine dichter und eine dünner als die gewöhnliche Atmosphäre. Bei jeder Vibration der Platte wechseln diese Reihen durch ihre Expansionen und Condensationen mit einander ab.

125) In der Hoffnung, einige Vorgänge der Art zu entdecken, befestigte ich eine kreisrunde Zinnscheibe, die mit einem hervorstehenden Rand von drei Viertelzoll versehen war, auf einem Lineal (69), streute etwas Lycopodium auf dieselbe, und liefs sie stark ertönen, so dafs das Pulver in der Luft nur eine einzige Wolke gebildet haben würde, welche wegen des Randes und der gleichen Bewegung aller Theile der Platte (70) keine

Digitized by Google

Neigung zu ihrer Anhäufung besitzen konnte. Sogleich sah man das Lycopodium, statt eine gleichförmige Wolke zu bilden, das Ansehen einer dicken Wabe annehmen, die ganz in einer zitternden Bewegung begriffen war, und bei aufmerksamer Betrachtung konnte man Wellen wahrnehmen, welche die Wolke in entgegengesetzten Richtungen durchsetzten. Es war genau die Erscheinung, welche sich gebildet haben würde, wenn eine staubige Atmosphäre auf der Oberfläche einer Platte ruhte, und in eine Anzahl abwechselnd und zugleich sich ausdehnender und zusammenziehender Portionen zerfallen wäre.

126) Allein die Räume waren oft viel zu klein, um das Intervall zu repräsentiren, durch welche die Luft, vermöge ihrer Elasticität, während zwei Vibrationen der Platte, in Analogie mit den Erscheinungen bei Flüssigkeiten, einmal seitwärts vibrirt haben würde. Diefs ist ein starker Einwand gegen die Annahme, dafs es eine Wirkung dieser Art sey. Allein es wäre nicht unmöglich, dafs die Luft in Unterabtheilungen vibrirte, wie eine Saite oder Luftsäule; und die Luft würde selbst auch dadurch, dafs sie mit Lycopodium-Theilchen beladen war, in ihren Bewegungen verlangsamt worden seyn. Ich habe nicht Zeit gehabt, diese Versuche weiter auszudehnen; allein wahrscheinlich ist, dafs einige wohl ausgewählte zu gleicher Zeit entscheiden würden, ob diese Erscheinungen der Theilchen von wirklichen Seitenvibrationen der Atmosphäre, oder einfach von der directen Einwirkung der vibrirenden Platte auf die Theilchen herrühren.

127) Vibrirt die Atmosphäre in der vorausgesetzten Weise seitwärts, so beschränkt sich die Wirkung wahrscheinlich nicht auf die unmittelbare Nachbarschaft der Platte, sondern sie erstreckt sich bis in einigen Abstand. Die verticalen Platten, welche in die Wasserfläche einschnitten und in einer Horizontalebene schwangen (117), erzeugten fünf bis sechs Zoll lange und direct von ihnen ausgehende Riffe, während die mit der Platte parallelen

Wellen kaum sichtbar waren. Etwas Analoges kann in der Atmosphäre stattfinden. Wenn dem so ist, so wird es wahrscheinlich, dafs diese Vibrationen gemeinschaftlich mit den tönenden auftreten, und dadurch einen wichtigen Einflufs auf die Erzeugung der Töne, ihre Eigenschaften, ihre scheinbare Richtung und viele andere mit ihnen verbundenen Erscheinungen ausüben.

128) Diese Ansichten erstrecken sich auch, der Analogie nach, auf die Undulationstheorie des Lichts, vor allen auf die von Fresnel abgeänderte. Dieser Physiker hält nämlich bei seinen tiefen Untersuchungen über die Erscheinungen des Lichts, besonders des polarisirten, die Annahme für nothwendig, dafs die Vibrationen des Aethers senkrecht gegen den Lichtstrahl oder die Wellenrichtung stattfinde. »In der That können wir uns das gewöhnliche Licht als eine Vereinigung, oder vielmehr eine rasche Folge einer Anzahl von Wellensystemen denken, die nach allen Azimuthen polarisirt sind (d. h. transversal schwingen), und so, dafs nach einer Ebene eben so viel Licht als nach einer darauf senkrechten polarisirt ist.« Herschel sagt, Fresnel nehme an, das Auge werde nur durch diejenigen Schwingungsbewegungen der Aethertheilchen ergriffen, welche in senkrechten Ebenen gegen die Richtung der Strahlen vor sich gehen. Nun scheinen die in Rede stehenden Erscheinungen anzudeuten, wie die directe Vibration des leuchtenden Körpers den Aethertheilchen eine transversale Bewegung in jedem Azimuthe mittheilen könne; und auf diese Weise machen sie diesen zur Erklärung der erwähnten Erscheinungen nothwendigen Umstand begreiflich.

129) Wenn der Stern von Riffen, welcher von einem vibrirenden Cylinder auf einer Wasserfläche gebildet wird (119), statt der Reihe kreisrunder Wellen, die man erwarten könnte, zum Vorschein kommt, so erscheint er wie die instantane Erzeugung der Radiationsphänomene mittelst der Vibrationsbewegungen. Eine Aufgabe, die

Digitized by Google

vielleicht verdiente durch den Versuch oder die Rechnung aufgelöst zu werden, ist die, ob die an einander stofsenden verdünnten und verdichteten Portionen, welche ich in der Luft, in Gasen und in Dämpfen annehme, in Strahlen geordnet sind, wie die Riffe bei dem erwähnten Versuch, oder ob sie, verdünnt und verdichtet, eben sowohl in Richtung der Radien abwechseln, als sie es seitwärts thun.

III. *Ueber die Fortpflanzung der Töne durch starre lineare Leiter, und die dadurch hervorgebrachte Resonanz;*
von Hrn. Charles Wheatstone.

(*Journ. of the Royal Institut. No. V. p.* 223.)

Die Fortpflanzung des Schalls durch starre Körper, wie z. B. durch einen Stock oder Metallstab, der mit einem Ende an das Ohr gehalten, und am anderen Ende gestrichen oder geschlagen wird, war schon den alten Physikern bekannt; lange Zeit nahm man indefs irriger Weise an, dafs ein luftförmiges Mittel allein im Stande sey tönende Schwingungen aufzunehmen, und noch Baco sagt, bei Erwähnung der ebengenannten Erfahrung, dafs der Schall durch einen in den Poren der Körper enthaltenen Spiritus fortgepflanzt werde *). Die erste richtige

*) »*If a rod of iron or brass be held with one end to the ear, and the other be struck upon, it makes a greater sound than the same struck upon the rod, when not so contiguous to the ear. By which, and other instances, it should seem that sounds do not only slide upon the surface of a smooth body, but also communicate with the spirits in the pores of the body*« — *Sylva Sylvarum, Phonics* §. 3.

»*The pneumatical part, which is in all tangible bodies, and has some affinity with air, performs, after a sort, the*

Beobachtung über diesen Gegenstand scheint Dr. Hooke im J. 1667 gemacht zu haben, indem er mit einem hinreichend langen ausgespannten Draht einen Versuch anstellte, und dabei bemerkte, dafs derselbe Ton schneller durch den Draht als durch die Luft fortgepflanzt wurde *). Einen ähnlichen Versuch machte im J. 1788 Professor Wünsch, zu Frankfurt a. d. O., nur nahm er statt des Drahts mehre mit einander verbundene Holzlatten von 1728 Fufs Länge; er fand Hook's Resultat bestätigt **). Fernere Versuche ähnlicher Art wurden späterhin von Herhold und Rafn ***), Hassenfratz und Gay-Lussac †) u. s. w. angestellt; allein die ersten Messungen über die Geschwindigkeit des Schalls in starren Körpern machte Biot, unterstützt von Bouvard und Mar-

office of the air. Thus the sound of an empty barrel is in part created by the air on the outside, and in part by that in the inside; for the sound will be less or greater, as the barrel is more or les empty; though it communicates also with the spirit in the wood, through which it passes from the outside to the inside« — *Sylva Sylvarum, Phonics* §. 2.

*) »*And though some famous authors have affirmed it impossible to hear through the thinnest plate of Moscovy Glass yet I know a way by which 'tis easy to hear one speak through a wall a yard thick. It hat non yet been thoroughly examined, how far otacustics may be improved, nor what other ways there may be of quickening our hearing, or conveying sounds through other bodies than air; for that that is not the only medium I can assure the reader, that I have, by the help of a distended wire, propagated the sound to a very considerable distance in an instant, or with as seemingly quick a motion as that of light; at least, incomparably swifter than that which at the same time was propagated through the air; and this not only in straight line, or direct, but in one bended in many angles«* — Vorrede zu Hooke's *Micrographia*.

**) Denkschriften der Berliner Acad. 1788, S. 87.

***) Reil's Archiv für Physiologie, Bd. III S. 178.

†) *Annal. de chim. T. LIII p.* 64.

tin. Sie wurden in Paris an 951,25 Meter langen gufseisernen Wasserleitungsröhren angestellt, und gaben im Mittel aus zwei Messungen für die Geschwindigkeit des Schalls in Gufseisen das Resultat: 3459 Meter oder 11090 engl. Fufs in der Secunde *).

Bereits vor diesen Beobachtungen hatte Chladni durch eine sinnreiche Methode die Geschwindigkeit des Schalls in verschiedenen starren Körpern aufgefunden, und seine Resultate wurden durch anderweitig begründete Rechnungen vollkommen bestätigt. Die von ihm angewandte Methode beruht auf dem Newton'schen Satz, dafs die Töne einen lufterfüllten Raum von gegebener Länge in derselben Zeit durchlaufen, in welcher eine eben so lange Luftsäule in einer an beiden Enden offenen Röhre eine einfache Schwingung vollbringt **). Seine Entdeckung der Longitudinal-Schwingungen starrer Körper, welche mit den gewöhnlichen Schwingungen einer Luftsäule vollkommen übereinstimmten, befähigten ihn, jenen Satz auf feste Körper auszudehnen, und das allgemeine Gesetz aufzustellen, dafs der Schall ein jedes elastische Mittel in derselben Zeit durchläuft, in welcher dieses Mittel eine Längenschwingung vollbringt. Auf diese Weise bestimmte er die Schallgeschwindigkeit für eine Secunde unter andern für folgende Substanzen: Zinn =7800, Silber =9300, Kupfer =12500, Glas und Eisen 17500, und verschiedene Holzsorten 11000 bis 18000 englische Fufs.

*) *Mém. d'Arcueil*, *T. II p.* 403.

**) Unter einfacher Schwingung ist hier die Bewegung des schwingenden Körpers von einer Gränze der Schwingungsweite zur anderen verstanden, übereinstimmend mit Chladni. Andere Physiker betrachten, mit Newton und Sauveur, diesen Gang als eine halbe Schwingung, und nennen einfache Schwingung die Bewegung des Körpers von einer Gränze seiner Ausbiegung ab zu seiner Rückkehr daselbst. Die Verschiedenheit des mit demselben Wort verbundenen Sinns hat zu mehren Mifsverständnissen Anlafs gegeben.

Digitized by Google

Aus Perolle's Versuchen würde hervorgehen, daſs die Stärke, mit welcher sich ein Schall durch ein Mittel fortpflanzt, der Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung proportional sey *).

Bei allen bis jetzt angeführten Versuchen bestand der fortgeleitete Schall aus einem bloſsen Geräusch, z. B. aus einem Hammerschlag, oder, wie bei Herhold's und Rafn's Versuchen, aus einem einfachen musicalischen Ton, erzeugt durch Streichen eines an dem Leitungsdraht befestigten silbernen Löffels; in keinem Fall wurde aber irgend ein Mittel zur Verstärkung des durchgeleiteten Schalls angewandt. Ich glaube, daſs vor den Versuchen, welche ich im J. 1820 begann, Niemand die Durchleitung modulirter Töne von musicalischen Instrumenten beobachtet hat; und eben so wenig ist gezeigt worden, daſs tönende Schwingungen, die durch feste Leiter von hinlänglicher Länge geleitet werden, im Stande sind, in den mit diesen Leitern verbundenen Flächen eine Schwingungsbewegung von solcher Stärke zu erregen, daſs sie durch Vermittlung der Luft gut gehört werden kann. Die ersten Versuche dieser Art stellte ich im J. 1821 öffentlich an, und Berichte von ihnen finden sich in der *Literary Gazette*, in Ackerman's Repository und anderen periodischen Werken jenes Jahres. Am 30. Juni 1823 las Hr. Arago in der Academie der Wissenschaften zu Paris einen Aufsatz von mir vor, worin ich dieser und einer Menge anderer Versuche über den Durchgang des Schalls durch gerade und krumme Leiter erwähnt habe **). Gegenwärtig will ich diese Versuche mit gröſserer Ausführlichkeit, als es damals geschah, bekannt machen, und einige neue Thatsachen, die sich im Verfolg der Untersuchung darboten, hinzufügen.

*) *Journ. de Physique, T. XLIX p.* 382.

**) Ein Auszug davon erschien in den *Ann. de chim. et de phys. Jul.* 1823; vollständig findet sich der Aufsatz in den *Annals of Philosophy, August* 1823,

Bevor ich weiter gehe, scheint es mir nöthig, einige Bemerkungen über die Verstärkung des Schalls zu machen, die durch die Verbindung des schwingenden Körpers mit andern, isochroner Schwingungen fähigen Körpern bewirkt, und gewöhnlich *Resonanz* genannt wird.

Tönende Schwingungen sind (bei Gleichheit der Ausbeugungen) desto hörbarer, je gröfser die schwingende Fläche ist. So kann eine Glas- oder Metallplatte ohne andere Hülfsmittel starke Töne erzeugen, während schwingende Körper von geringeren Dimensionen, z. B. eine einfache Saite, eine Stimmgabel, in einer mäfsigen Entfernung vom Ohr kaum mehr hörbar sind. Allein die Töne der letzteren sind einer bedeutenden Verstärkung fähig, wenn man sie mit Flächen, z. B. einem Tische, oder dem Resonanzboden eines musicalischen Instruments in Verbindung setzt.

Mehre Umstände haben Einflufs auf die Stärke der Resonanz eines Resonanzbodens. Der hauptsächlichste besteht in der Lage der Ebene, in welcher die Schwingungen des tönenden Körpers geschehen, gegen die der resonirenden Fläche. Am meisten verstärkt wird der Schall, wenn man dieser Fläche die Schwingungen so zuleitet, dafs sie senkrecht auf ihr geschehen; am schwächsten ist er dagegen, wenn sie tangentiell, d. h. in der Fläche, eintreten. Der erstere Fall findet statt, wenn man eine erzitternde Stimmgabel senkrecht auf die Oberfläche, der zweite, wenn man sie seitwärts auf den Rand eines Resonanzbodens setzt. In intermediären Stellungen, d. h. wenn der Fläche die Schwingungen schief mitgetheilt werden, erlangt der Schall auch einen intermediären Grad von Stärke.

Wenn man diese Thatsachen, welche übrigens durch die ausgedehnten Untersuchungen Savart's vollständig bewiesen sind, richtig verstanden hat, so sind die Eigenthümlichkeiten, welche die Resonanzböden der verschiedenen musicalischen Instrumente darbieten, leicht erklärlich.

Digitized by Google

Der Resonanzboden des Pianofort's hat eine bessere Einrichtung als der irgend eines anderen Saiteninstruments, weil die Saiten in solcher Richtung von den Hämmern geschlagen werden, dafs ihre Schwingungen immer in senkrechten Ebenen gegen den Boden erfolgen. Der Unterschied in der Stärke, wenn eine Saite auf diese Weise, und wenn sie parallel mit dem Boden schwingt, ist sehr auffallend, und ergiebt sich leicht, wenn man sie in beiden Richtungen durch Abschnellen von den Fingern zum Tönen bringt*). Es giebt kein anderes jetzt gebräuchliches Instrument, bei dem die Saiten senkrecht gegen den Resonanzboden schwingen.

Bei der Guitarre, Laute und anderen Instrumenten sind zwar die Saiten auch dem Resonanzboden parallel; allein die Bequemlichkeit des Spielens derselben erfordert, dafs die Schwingungen in schiefer Richtung gegen den Boden geschehen. Besitzt das Instrument eine unbeträchtliche Tiefe und einen flachen Rücken, so ist der Unterschied der Tonstärke zwischen senkrechten und schiefen Schwingungen sehr beträchtlich; sind dagegen die Seitenwände hoch, so ist der Unterschied sehr gering, indem die Schwingungen, welche tangentiell mit dem Resonanzboden sind, senkrecht gegen die Seitenwände liegen, und diese leicht in transversale Schwingungen versetzen. Man kann sich hievon überzeugen, wenn man das Ohr an eine Seitenwand der Guitarre legt, während eine Saite bald parallel, bald senkrecht gegen diese Wand in Schwingungen versetzt wird. Einige Instrumente, z. B. die

*) Zuweilen, wenn der Impuls eine schiefe Richtung hat gegen die, in welcher die Saiten auf den Steg drücken, nimmt die Schwingungsebene der Saiten eine rotirende Bewegung an. Dadurch entstehen periodische Veränderungen in der Stärke, welche ein ähnliches Schlagen bewirken, wie man bei zwei zugleich angeschlagenen, und nicht im Einklang stehenden Saiten wahrnimmt.

Digitized by Google

die Laute, Mandoline u. s. w., haben einen polygonalen und krummen Rücken, und bei dieser Construction geräth, bei schiefem Schwingen der Saiten gegen den Haupt-Resonanzboden, ein grofser Theil der resonirenden Fläche in ganz oder fast transversale Schwingungen.

Diese Gesetze lassen sich nicht so geradezu auf die Violine und andere Instrumente der Art anwenden, und es wäre eine grofse Reihe von Versuchen erforderlich, wenn man die Eigenthümlichkeiten ihrer Gestalt, ihre mannigfachen Krümmungen und die Functionen jenes unregelmäfsig geformten Leiters, welcher den Resonanzboden nur in zwei Punkten berührt, und Steg genannt wird. erklären wollte. Die Untersuchungen von Savart *) hierüber lassen noch viel zu wünschen übrig.

An keinem Instrumente stehen die Saiten senkrecht gegen den Resonanzboden, denn in einem solchen Fall würden die Saiten, wie man sie auch in Schwingungen versetzte (d. h. in welcher Ebene man sie *transversal* vibriren liefse, für *longitudinale* Vibrationen der Saiten würde die senkrechte Stellung gegen den Resonanzboden gerade am vortheilhaftesten seyn. *P.*) dem Boden tangentielle Schwingungen mittheilen. Dagegen stehen sie manchmal, z. B. bei der Harfe, schief gegen den Boden, und dann findet derselbe Wechsel der Tonstärke statt, welchen man bei den mit dem Boden parallelen Saiten bemerken kann; denn wenn die Ebene ihrer Schwingungen mit der der Neigung des Resonanzbodens zusammenfällt, so wird dieser schief gegen die ihm mitgetheilten Schwingungen stehen, und deshalb die Stärke des Tons am gröfsten seyn; geschehen aber die Schwingungen senkrecht gegen jene Ebene, so erhält er sie in tangentieller Richtung, und folglich wird die Intensität ein Minimum.

Aufser der zweckmäfsigen Einrichtung des Resonanzbodens giebt es noch andere Umstände, die wesentlichen Einflufs auf den Ton der Saiteninstrumente haben; einer

*) Vergl. diese Ann. Bd. LXVIII S. 113. *P.*

Digitized by Google

der wichtigsten besteht darin, daſs das in dem Resonanzkasten eingeschlossene Luftvolum die rechten Dimensionen habe. Mit den Gesetzen dieser Kasten hat sich Hr. Savart beschäftigt; allein der offenbare Nutzen der Stäbe, welche man in diesem Kasten anbringt, um die Luftmasse zu theilen und sie zum Schwingen in gesonderten Portionen geschickter zu machen, scheint ihm entgangen zu seyn.

Bei dem Pianoforte, der Guitarre u. s. w. stehen die Enden der Saiten nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Resonanzboden, sondern ruhen vielmehr auf Holzstäben, den sogenannten Stegen, durch welche die Schwingungen dem Resonanzboden mitgetheilt werden. Bei diesen Instrumenten ist der Steg gewöhnlich einen halben Zoll hoch, beim Violoncell dagegen drei Zoll. Um zu sehen, wie sehr sich wohl bei einem Pianoforte der Abstand zwischen den Saiten und dem Resonanzboden ohne Schaden für den Ton vergröſsern lasse, ersetzte ich den Steg durch einen fünf Fuſs langen Glasstab, und führte über sein Ende eine durch einen Stahlstift befestigte gespannte Saite hinweg. Ich fand, daſs ihr Ton eben so deutlich zu hören war, wie wenn sie sich in unmittelbarer Berührung mit dem Stege (*board*) befand; eine Stimmgabel, die auf das Ende des Stabes gesetzt wurde, gab dasselbe Resultat. Diese Versuche, welche meine ersten über diesen Gegenstand waren, und zu allen folgenden führten, wurden im Hörsaale der Royal-Institution in einem gröſseren Maaſsstabe wiederholt. Eine Reihe zusammengefügter Tannenstäbe von 40 Fuſs Länge wurde so aufgehängt, daſs sie in gerader Linie von einem offenen Fenster der Kuppel fast bis auf den Boden des Locales reichte, und dann auf das obere Ende dieses Leiters, durch einen Gehülfen, der Stiel einer schwingenden Stimmgabel aufgesetzt. So lange der Resonanzboden nicht das untere Ende dieses Leiters berührte, war auch kein Ton hörbar; so wie aber beide in Berührung

Digitized by Google

gesetzt wurden, trat er sogleich deutlich hervor. Der Versuch wurde mit mehreren gleichzeitig oder einzeln aufgesetzten Stimmgabeln von hohem und von tiefem Ton wiederholt. Stimmgabeln sind zu diesen Versuchen über die Durchleitung des Tons am geeignetsten, weil ihre Schwingungen für sich fast unwahrnehmbar sind, und nur bei Verstärkung durch Resonanz gut hörbar werden.

Die Schwingungen des Resonanzbodens eines jeden Saiteninstruments lassen sich eben so wie die einer Saite oder Stimmgabel mittelst eines metallenen, gläsernen oder hölzernen Leiters einem benachbarten Resonanzboden mittheilen: allein in diesem Fall ist es nöthig eine Vorrichtung zu machen, dafs die Töne des ersteren Bodens nicht durch die Luft gehört werden; denn sonst würde man die dem zweiten Boden mitgetheilten Töne nicht von jenen unterscheiden können. Diefs läfst sich dadurch bewirken, dafs man das ursprünglich ertönende und das resonirende Instrument in zwei anstofsende oder ganz getrennte Zimmer bringt, und den Leiter durch die Scheidemauer oder das Zwischenzimmer gehen läfst. Da bei diesem Durchgang der leitende Draht die Wand nicht unmittelbar berühren darf, so kann man in das Loch der Mauer eine zinnerne Röhre stecken, diese an beiden Enden mit Leder oder Kautschuck verschliefsen, und durch eine kleine Oeffnung in dieser Bedeckung den Draht hindurch ziehen, so dafs er die Röhre selbst nicht berührt.

Ein quadratisches Pianoforte ist das pafslichste Instrument zu diesen Versuchen. Soll der Ton in die Höhe geleitet werden, so braucht man nur den Deckel zu öffnen oder abzunehmen und den Leiter auf den Resonanzboden zu setzen. Ein Metalldraht ist nicht steif genug, um ihn ohne Biegung zu tragen, daher ist ein Stab von einem geradfaserigen Holze besser zu diesem Versuche geschickt. Das untere Ende dieses Stabes mufs etwas zugeschärft werden, so dafs es zwischen zwei benachbarte Saiten geschoben werden kann; der beste Ort für den

Digitized by Google

Berührungspunkt liegt etwa ein Viertelzoll hinter dem Stege, zwischen den Mittelsaiten. Das resonirende Instrument in dem Zimmer darüber kann eine Guitarre oder eine Harfe seyn; im letzteren Fall kann man den Stab durch eine Oeffnung in dem Instrument mit der inneren Fläche seines Bauches in Berührung setzen. Unter dieser Gestalt wurden die Versuche in der Royal Society wiederholt.

Will man den Ton des Pianofortes herabwärtes fortleiten, so reicht ein Metalldraht von etwa der Dicke einer Gänsepose zu der Verbindung hin, indem das Gewicht des daran gehängten resonirenden Instruments ihn hinreichend spannt. Um den Leitungsdraht mit der Unterfläche des Resonanzbodens eines Pianofortes in Berührung zu bringen, mufs man in dem Boden des Instruments, gerade unter dem beabsichtigten Berührungspunkt ein Loch machen. Um sich der vollkommenen Berührung mit dem Resonanzboden zu versichern, ist es rathsam, den Draht dicht unter seinem Eintritt in die Oeffnung mit einer Warze zu versehen, ein durchlöchertes, über einen Ring gespanntes Stück Leder darunter zu schieben, und auf dieses das Ende einer starken Stahlfeder, deren anderes Ende an dem Boden des Instruments festgeschroben ist, von unten nach oben drücken zu lassen. Um dem Draht mehr Haltung zu geben, kann man denselben noch mit einem Vorsprung versehen, und diesen auf der oberen Bedeckung der isolirenden, durch den Fufsboden des oberen Zimmers gehenden Röhre ruhen lassen; das resonirende Instrument wird dann an dem Draht aufgehängt, indem man das Ende desselben in dem Resonanzboden mit einer Schraube befestigt. Die Gestalt des resonirenden Instruments ist gleichgültig; allein um die Töne am vollsten und stärksten zu erhalten, ist es nöthig, dafs dessen hauptsächlichste Schwingungsebene senkrecht auf dem Leitungsdraht stehe. Sehr belehrend ist die Beobachtung der allmäligen Veränderung in der

Digitized by Google

Stärke und dem Klange (*Quality*) der Töne, wenn man den Resonanzboden aus der senkrechten Lage gegen den Leitungsdraht nach und nach durch verschiedene Grade der Schiefe in Parallelismus mit demselben bringt, oder, wenn man, um Savart's Sprache zu reden, die mitgetheilten Schwingungen von normalen (transversalen) in tangentielle übergehen läfst. Im letzteren Fall sind die Töne gedämpft, und haben, wie man gemeiniglich sagt, Metallklang.

Bei meinen ersten, im J. 1821 gemachten Versuchen war das resonirende Instrument, eine Art von Lyra, so eingerichtet, dafs tangentielle Vibrationen in ihm erregt werden mufsten, und die Töne waren daher auch weit schlechter als die, welche ich seitdem hervorbrachte. Die durchgelassenen Töne werden nicht merklich geschwächt, wenn man den Draht an mehreren Stellen durchschneidet und die Stücke mechanisch wieder vereinigt. Figur 11 Taf. V, (Bd. XXIV dieser Annalen) zeigt die Stellen, wo, bei der ursprünglichen Form des Versuchs, der Draht zusammengefügt wurde, um den Apparat leichter fortschaffen und aus einander nehmen zu können; will man diesem aber einen festen Standpunkt geben, so ist es leichter und besser einen Draht aus einem Stück anzuwenden. Jener Draht bestand aus vier Stükken; das erste berührte den Resonanzboden des Pianoforte's und ging bis zum halben Abstand vom Fufsboden; das zweite ging durch das isolirende Rohr in dem Fufsboden und endigte unter der Decke des unteren Zimmers in einem Haken; das dritte hing in diesem Haken mittelst einer Schlinge; und das vierte ging von da bis zur Mitte des Resonanzbodens der Lyra herab, wo sein unteres Ende befestigt ward.

Hieraus erhellt, wie man zwei liegende Pianofortes oder zwei Harfen so mit einander verbinden könne, dafs eins dieser Instrumente die Töne des andern wiedergiebt. Bei einer solchen Vorrichtung können zwei Personen in

zwei getrennten Sälen gemeinschaftlich ein Duett vor zwei Versammlungen vortragen, oder die eine kann auch das Spiel der andern wiederholen. Soll die Fortleitung in horizontaler Richtung geschehen, d. h. zwischen zwei Zimmern in demselben Stock, so müssen stehende Pianofortes angewandt werden.

Die Töne eines Instruments lassen sich gleichzeitig auch nach mehr als einem Orte hinleiten; so z. B. kann man ein liegendes Pianoforte nach oben und nach unten mit einem Resonanzinstrumente verbinden, und selbst die Töne durch eine Reihe mehrer resonirender Instrumente fortleiten. Befinden sich die Instrumente in Zimmern, die durch ein Zwischenzimmer getrennt sind, so wird eine Person in dem letzteren, durch welches der Leitungsdraht geht, keinen andern Ton als den auf gewöhnliche Weise fortgeleiteten hören. Auf solche Weise wird es möglich, einen horizontalen Leitungsdraht durch eine Reihe von Zimmern, mehre Häuser weit zu führen, und das Spiel auf dem mit dem Ende dieses Drahts verbundenen Instrument beliebig hörbar zu machen, indem man das resonirende Instrument an den Draht befestigt; entfernt man es aber wieder von ihm, so gehen die Schallwellen ungehört in's nächste Zimmer. Diefs gilt auch von der Fortpflanzung anderer musicalischer Töne, von denen späterhin die Rede seyn wird.

Eben so wirksam ist die Fortleitung solcher Töne, welche, wie die der Violine, des Violoncells u. s. w. ausdauernd sind. Man kann den Leitungsdraht an der Vorderfläche wie an der Hinterfläche dieser Instrumente befestigen; allein es läfst sich nicht bestimmt angeben, welcher Punkt am besten zu der Befestigung geeignet ist, wiewohl es mir im Allgemeinen geschienen hat, dafs er nicht weit vom Stimmstock liegen müsse.

Eben so vollkommen wie bei Instrumenten mit Resonanzböden ist mir auch die Fortleitung der Töne bei Blasinstrumenten von der Klasse der Zungenpfeifen ge-

Digitized by Google

lungen. In der Clarinette und dergleichen Instrumenten wirken die Luftsäule und die vibrirende Zunge in solcher Weise auf einander ein, dafs der Klang (*Quality, Timbre*) des Tons keine Veränderung erleidet, er mag der Atmosphäre durch die Luftsäule oder einem festen Leiter durch die vibrirende Zunge mitgetheilt werden.

Um den Leitdraht, der von Messing und etwa ein Zehntelzoll dick seyn mag, mit der Zunge der Clarinette zu verbinden, mufs der Draht etwa $\frac{1}{4}$ Zoll vom Ende umgebogen und dann diefs Stück flach gefeilt werden. Dieses breite Ende wird auf dem ruhenden Ende der Zunge festgebunden, mittelst des Seidenfadens, mit dem man sonst die Zunge für sich anzubinden pflegt, und der Draht wird dann so gebogen, dafs er dem Spieler nicht hinderlich ist. Soll der Ton herabwärts fortgeleitet werden, so mufs der Spieler das Mundstück der Klarinette auf die gewöhnliche Weise in den Mund nehmen, d. h. die Zunge des Instruments auf der Unterlippe ruhen lassen; soll aber der Ton in die Höhe fortgeleitet werden, so mufs der Spieler, wie es einige ausgezeichnete Virtuosen auf diesem Instrumente thun, die Zunge des Mundstücks an die Oberlippe legen. Bei dem Fagot und der Hoboe ist es gleichgültig für den Spieler, ob die Zunge, an der der Leitdraht befestigt ist, oben oder unten liege.

Das resonirende Instrument kann hier, wie bei den vorhin erwähnten Versuchen, entweder eine Harfe, oder ein Pianoforte, oder eine Guitarre seyn. Es macht einen sonderbaren Eindruck, die Töne eines Blasinstruments auf diese Weise von einem Resonanzboden wiederholt zu hören.

Versuche, die ich mit anderen Blasinstrumenten anstellte, hatten keinen so günstigen Erfolg. Die Schwingungen der Luft lassen sich einem festen Leiter unmöglich anders als mit einem ungeheuren Verlust an Stärke mittheilen. Indefs kann man doch durch Vermittlung anderer Körper, die durch Lufterschütterungen leicht in

Schwingungen gerathen, bis zu einem gewissen Grade eine Fortleitung der Töne bewirken. Wenn so z. B. das Ende eines Leitdrahts in den stärkst schwingenden Theil der Luftsäule einer Flöte gebracht wird, findet eine nur schwach hörbare Fortleitung der Töne statt; läſst man aber den Draht die Seitenwand des Instruments berühren, so wird er, da diese in Schwingungen geräth, die Töne leichter fortleiten. Jedoch sind sie selbst in dem letzteren Fall kaum hörbar, wenn nicht das Ohr dicht an das resonirende Instrument gehalten wird.

Auf dieselbe Weise lassen sich die Töne eines ganzen Orchesters fortleiten, z. B. indem man den Leitdraht mit einem Ende an einen eigends construirten Resonanzboden anbringt, der so aufgestellt ist, daſs er die Töne aller Instrumente durch Resonanz wiedergiebt. Die Wirkung eines solchen Versuchs ist wahrhaft ergötzlich. Zwar sind die Töne in einiger Entfernung vom resonirenden Instrumente so schwach, daſs man sie kaum wahrnimmt; hält man aber das Ohr dicht an dasselbe, so hört man ein Orchester in Miniatur, worin alle Instrumente ihre eigenthümlichen Charactere, ihre Piano's und Forte's, ihre Crescendo's und Decrescendo's behalten haben. Im Vergleich mit einem wirklichen, in einiger Entfernung durch die Luft gehörten Orchester, verhält sich der Eindruck wie der Anblick einer Landschaft bei nebligem Wetter zu dem niedlichen Bilde derselben in einer concaven Linse.

Bei den vorhergehenden Versuchen waren die Leiter immer gerade; indeſs geht der Schall auch, wiewohl mit Verlust an Stärke, durch winkelförmig gebogene und gekrümmte Stäbe. Setzt man eine Stimmgabel auf das obere Ende eines geraden Messingstabs, dessen unteres Ende auf einem Resonanzboden ruht, so werden die Schallschwingungen, in Uebereinstimmung mit dem vorhin Gesagten, kräftig durchgeleitet. Biegt man den Stab allmälig an einer Stelle, und zwar in der Ebene, in welcher die Stimmgabel schwingt, so wird der durchgelas-

Digitized by Google

sene Ton nach und nach schwächer, und, wenn endlich der Stab unter einem rechten Winkel gebogen ist, wird er sehr schwach. Setzt man das Biegen fort, so daſs der Winkel ein scharfer wird, so nimmt der Ton in derselben Weise, in der er vorhin schwächer wurde, an Stärke zu, und werden endlich die beiden Schenkel des Winkels einander parallel, so hat der Ton auch fast dieselbe Stärke wie vorhin bei geradliniger Fortpflanzung. Stellt man die Schwingungsebene der Stimmgabel senkrecht gegen die Ebene der Biegung des Stabes, so sind dieselben Veränderungen zu beobachten; allein viel deutlicher als vorhin; und wenn der Biegungswinkel ein rechter wird, ist der Ton kaum hörbar. Bei intermediären Neigungen der beiden Ebenen sind die durch das Biegen des Stabs bewirkten Abstufungen der Stärke auch intermediär.

Die Veränderungen der Tonstärke in Folge der veränderten Neigung der beiden Ebenen läſst sich auf belehrende Weise zeigen, wenn man den Stab rechtwinklig biegt, den einen seiner Schenkel auf den Resonanzboden stellt, und an den andern, in dessen Verlängerung, den Stiel der Stimmgabel ansetzt. Dreht man nun nach und nach die Stimmgabel um ihren Stiel wie um eine Axe, ohne sie gegen den Stab zu neigen, so nimmt die Schwingungsebene jeden Winkel gegen die Ebene der beiden Schenkel des Stabes an. Bei dieser Drehung wird man bemerken, daſs die Tonstärke ihr Maximum erreicht, wenn die Ebenen zusammenfallen, und auf ihr Minimum gelangt, wenn die Ebenen rechtwinklig auf einander zu stehen kommen. Dieselben Erscheinungen bemerkt man, wenn man die Stimmgabel von der Seite her unter einem rechten Winkel an einen auf dem Resonanzboden stehenden Stab setzt, indem hier der Stiel der Stimmgabel als ein kurzer Leiter wirkt.

Wäre es für die Fortleitung des Schalles nöthig, daſs die Wellen sich nur geradlinig fortpflanzten, so

würden sie offenbar nicht durch einen gebogenen Stab gegangen seyn, und andererseits, hätten sie die Fähigkeit sich mit gleicher Leichtigkeit nach allen Richtungen zu verbreiten, so würden wir bei den ebengenannten Versuchen keine Unterschiede in der Tonstärke gefunden haben. Die obigen Versuche führen zu dem Schluſs, daſs der Schall sich zwar in allen Richtungen fortpflanzt, indeſs mit gröſserer Leichtigkeit und Stärke, wenn die Mittheilung in der Ebene der ursprünglichen Schwingungen erfolgt.

Bei vielen der obigen Versuche stand der Leiter senkrecht auf einer transversal schwingenden Fläche, so daſs die Mittheilung der Töne durch longitudinale Schwingungen des Stabes geschah; hätte dagegen bei unveränderter Lage des Leiters die Fläche tangentiell oder schief gestanden, so würde die Mittheilung durch transversale oder schiefe Undulationen geschehen seyn.

In Praxis ist es vortheilhafter longitudinale Undulationen zur Fortleitung musicalischer Töne in einige Entfernung anzuwenden; denn erstlich ist die Fortleitung dann wirksamer, und zweitens haben die transversalen Undulationen eine groſse Neigung seitwärts von dem Leiter in das umgebende Mittel überzugehen, und deshalb ohne Hinzuziehung eines Resonanzinstrumentes hörbar zu werden. Diese Seitenzerstreuung ist bei dünnen Leitern zwar kaum wahrnehmbar, tritt aber sehr hervor, wenn ein Stab von beträchtlichem Durchmesser angewandt wird.

Ich hatte Gelegenheit dieses zu beobachten, als ich einige der obigen Versuche vor der Royal Institution wiederholte. Senkrecht auf den Resonanzboden eines Pianoforte's, das in einem Zimmer unter dem Hörsaale stand, war ein Leiter gestellt, und durch den Fuſsboden, der beide Zimmer trennte, geleitet, indeſs ohne sein oberes Ende mit einem Resonanzinstrument zu verbinden. Wurden bei dieser Vorrichtung dem Leiter, er mochte aus einem Messingdraht von $\frac{1}{10}$ Zoll Dicke oder einer qua-

Digitized by Google

dratischen Holzlatte von $\frac{1}{4}$ Zoll in Seite bestehen, longitudinale Schwingungen mitgetheilt, so schien die Isolation vollkommen zu seyn. Dieſs war aber nicht mehr der Fall, wenn man denselben, statt ihn auf den Resonanzboden eines Pianofortes zu stellen, auf den Steg einer Violine setzte, und ihm nun, durch Streichen der Saiten mit dem Violinbogen, transversale Schwingungen mittheilte. Der Metalldraht isolirte den Ton zwar noch erträglich gut, allein bei Anwendung des Holzstabs wurde von dessen ganzer Oberfläche, so weit sie über den Fuſsboden hervorragte, der Ton in die umgebende Luft geleitet, und fast so stark gehört, wie wenn ein Resonanzboden an das Ende dieses Stabes gesetzt worden wäre.

Wenn der Schall sich von einem Punkte aus nach allen Seiten ausbreitet, so nimmt seine Stärke, zufolge der Theorie, wie das Quadrat der Entfernung ab; wird er aber gezwungen sich nur nach einer einzigen Richtung fortzupflanzen, so erleidet er keine Schwächung, vorausgesetzt, der leitende Körper ist vollkommen homogen, und von gleichförmigem Gefüge, eine Bedingung, die aber in Wirklichkeit nicht zu erhalten ist. In einer leitenden Substanz von vollkommen gleicher Dichte und Elasticität, worin sich also die Schwingungen mit gleichförmiger Schnelligkeit ohne Reflexionen und Interferenzen fortpflanzen würden, wäre es eben so leicht Töne von Aberdeen nach London als von einem Zimmer zum andern zu leiten. Ob man indeſs eine Substanz so homogen und gleichförmig machen könne, muſs die Zukunft lehren.

Die Verstärkung musicalischer Töne und ihre Fortleitung nach entfernten Orten ist bei weiten nicht so wichtig als die von articulirten Lauten. Ich habe durch Versuche gefunden, daſs alle gesprochenen oder gesungenen Laute vollkommen, jedoch schwach, zu jedem der vorhin beschriebenen Resonanzinstrumente übergeführt werden können, indem man den Leiter entweder unmittel-

Digitized by Google

bar mit einem nahe am Kehlkopf liegenden Theil des Halses oder Kopfes verbindet, oder auch mit einem Resonanzboden, welchen man dem Mund des Sprechenden oder Singenden sehr genähert hat. Die fast unbesiegbare Schwierigkeit, Töne, die in der Luft erzeugt werden, mit hinreichender Stärke in feste Körper überzuführen, könnte uns an einem glücklichen Erfolg zweifeln lassen; wäre man indefs einmal im Stande ähnliche articulirte Laute wie die der menschlichen Stimme in festen Körpern zu erregen, so würde man sie auch mit jedem erforderlichen Grad von Stärke fortleiten können. Gewisse neuere Untersuchungen erregen die Hoffnung, dafs die Erfüllung dieser Wünsche nicht gar fern liege *), und sind einmal alle articulirten Laute einzeln erhalten, so wird die Construction einer Maschine, welche dieselben zu Sylben, Worten und Sätzen zusammenfügt, keine anderen als unsere bisherigen Kenntnisse verlangen.

*) Ohne Zweifel meint Hr. Wheatstone damit die früher in diesen Annalen (Bd. XXIV S. 397) mitgetheilten Versuche des Hrn. Willis. *P.*

IV. *Ueber die Festigkeit der Körper;* *von Franz Anton Ritter von Gerstner.*

Vorgetragen zu Wien am 24. September 1832 bei der Versammlung der deutschen Naturforscher.

Musschenbroek und viele andere Physiker haben eine Reihe von Versuchen über die Festigkeit der Körper, und zwar vorzüglich über die absolute Festigkeit angestellt, und bei jedem Körper das Gewicht bestimmt, welches zum *Zerreiſsen* eines Stabes oder Barren von einem Quadratzoll Querschnitt erfordert wird. In den letzteren Jahren, wo man das Eisen zu Kettenbrücken zu verwenden anfing, wurden vorzüglich mit diesem Metalle wiederholt von den HH. Eytelwein, Dufour, Navier, Brunel, Rennie, Capt. Brown und Telford Versuche gemacht, und von dem Letzteren in so groſsem Maaſsstabe, daſs Stäbe von zwei Zoll Durchmesser und Gewichte bis zu 100 engl. Tonnen oder 1814 Niederöstreichsche Centner verwendet wurden. Das Resultat aller dieser Versuche war, daſs ein Schmiedeisenstab, von 1 Niederöstr. Quadratzoll Querschnitt, beiläufig von 600 Niederöstreichschen Centnern Gewicht zerrissen wurde, und man glaubte daher, in der Anwendung hinlänglich sicher zu gehen, wenn man jeden solchen Stab nur mit dem dritten Theile jenes Gewichtes beschwerte, wovon sein Zerreiſsen erfolgen würde.

Wenn auch dieses Resultat für den Praktiker hinreichen mag, so ist dieſs doch keineswegs für den Physiker, für den Naturforscher. Es fragt sich hier immer um *Aufstellung genauer Gesetze für die Festigkeit, und die Ausmittlung der Längenausdehnung für eine jede*

Belastung, um die *Berechnung der gröfsten Ausdehnung, deren ein Körper fähig ist, und des gröfsten Gewichts, welches er zu tragen vermag.*

Da über diesen höchst interessanten Gegenstand bisher keine Versuche und keine Theorie vorhanden waren, so entschlofs sich Hr. Ritter v. Gerstner, der Vater, bereits im Jahre 1824 zu einer gründlichen Untersuchung hierüber. Die merkwürdigen Resultate derselben sind in dem *Handbuche der Mechanik, Bd. I S.* 259 u. ff.*) von dessen Sohne bekannt gemacht worden. Das Eigenthümliche dieser Versuche war:

I. Zur Auffindung der allgemeinen Gesetze, welche bei der Festigkeit des Eisens und anderer Körper stattfinden, bediente man sich solcher *Eisendrähte*, in welchen ein *möglichst gleichförmiges Eisen* enthalten war; es wurden demnach Clavierdrähte verwendet, da bei denselben keine ungleichartigen Stellen mehr vorkommen, und die gleichförmige Beschaffenheit des Metalles überdiefs auch durch den Ton, welchen der Draht annimmt, bei jedesmaliger Spannung erkannt werden kann. In dieser Hinsicht wurden jene Versuche, wobei die Drahtsaiten ein plötzliches Nachgeben oder eine andere Unregelmäfsigkeit an den Tag legten, weggelassen, und blofs jene aufgenommen, wobei die Beschaffenheit des Drahtes sich bis zum Zerreifsen als vollkommen gleichförmig dargestellt hatte. Aufser Clavierdrähten wurden auf gleiche Art stählerne Uhrfedern und Blechstreifen verwendet.

*) Handbuch der Mechanik von Franz Joseph Ritter v. Gerstner k. k. Gubernialrath, Ritter des k. k. östreichschen Leopoldordens, Director des technischen Instituts zu Prag, Professor der Mechanik, emeritirtem Director der physischen und mathematischen Studien an der Universität, em. k. k. Landeswasserbaudirector und em. Professor der höheren Mathematik und Astronomie, Mitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften; aufgesetzt, mit Beiträgen von neueren englischen Constructionen vermehrt, und herausgegeben von Franz Anton Ritter v. Gerstner.

Digitized by Google

II. Der *Apparat*, dessen man sich bei diesen Versuchen bediente, bestand aus einem Hebel mit ungleich langen Armen, wobei, wie bei einem *Fühlhebel*, die Ausdehnung für jede Belastung 54 Mal gröfser gemessen wurde. Die nähere Beschreibung dieses Apparates befindet sich in dem genannten Handbuche der Mechanik. Nach jeder Belastung oder Verrückung des Laufgewichtes wurde eine Zeit von 10 bis 12 Minuten abgewartet, und hierauf erst die Ausdehnung des geprüften Drahtes an der Skale in dem erwähnten 54 Mal gröfseren Maafse gemessen.

III. Die Art, wie die Versuche selbst angestellt wurden, ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich, dieselbe enthält die Resultate der Versuche mit einem Clavierdraht von $\frac{3}{10}$ Linie im Durchmesser.

Versuchsreihe.	Bleibende Ausdehnung des Drahtes.	Angehängte Gewichte $=p$ in Niederöstreichschen Pfunden.												
		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
				54 fache Ausdehnung des geprüften Drahtes in Niederöstr. Linien.										
0	0													
1	0	14												
2	1	14	28											
3	2	15	29	43										
4	3	17	30	44	58									
5	6	20	33	47	60	74								
6	9	23	37	50	63	77	90,5							
7	13	26	40	54	67	81	94	108						
8	18	32	45	59	72	86	100	113	127					
9	24	38	51	65	78	92	105	119	133	146				
10	32	45	59	72	86	100	113	126	140	154	167			
11	41	54	68	82	95	108	122	136	150	163	177	190		
12	52	66	79	93	107	120	133	147	161	175	188	202	215	
13	67	81	94	108	121	135	148	162	176	189	203	216	230	244

Man

Man ersieht aus dieser Tafel, dafs bei jeder Versuchsreihe die Belastungen zuerst vermehrt, und dann wieder vermindert wurden. Z. B. bei der vierten Versuchsreihe waren die 54fachen Ausdehnungen $=15$, 29 und 43 Linien für die Belastung von 4, 8 und 12 Pfunden; bei der Belastung von 16 Pfd. war die 54fache Ausdehnung $=58$, und sie ging, bei Verminderung der Belastung auf 44, 30 und 17 Linien zurück; bei gänzlicher Abnahme der Belastung blieb jedoch die Ausdehnung $=3$. Es enthält demnach die zweite Rubrik die *bleibende Ausdehnung* des Drahtes, welche von dem *gröfsten* bei jeder horizontalen Versuchsreihe *angehängtem Gewichte* bewirkt wurde; diese betrug z. B. bei dem Verschieben des Laufgewichtes auf die dreizehnte Entfernung $\frac{67}{54}=1{,}2407$ Lin. Aus diesen dreizehn Versuchsreihen läfst sich das Gesetz für die Ausdehnung suchen, welche durch das bei jedem Versuche angegebene Gewicht bewirkt wurde.

Werden nämlich die angehängten Gewichte 0, 4, 8, 12, 16 Pfund .... mit p, und die hiedurch bewirkten Ausdehnungen 0, 14, 28, 43, 58 Lin. .... mit $54e$ bezeichnet, und der allgemeine Ausdruck:

$$p = A \,.\, 54e + B \,.\, (54)^2 + C(54e)^3 + \ldots$$

angenommen, so lassen sich leicht die Werthe der Coëfficienten A, B, C .. bestimmen, und zwar erhält man für den obigen Draht die Gleichung:

$$p = 54 \,.\, 0{,}295079\,e - 54^2 \,.\, 0{,}000334\,e^2,$$

woraus sich für jede Ausdehnung e das erforderliche Gewicht berechnen läfst, oder umgekehrt.

Die allgemeine Gleichung zwischen der Belastung und der hiedurch bewirkten Ausdehnung ist demnach:

$$p = A \,.\, e - B \,.\, e^2,$$

wird hierin das Maximum gesucht, so ergiebt sich die *gröfste Ausdehnung*, welche der Körper fähig ist, $E = \dfrac{A}{2B}$

Digitized by Google

und die zugehörige *größte Belastung* $P=\frac{A\,.\,E}{2}$. Werden diese Werthe in die allgemeine Gleichung substituirt, so ist:

$$\frac{p}{P}=\frac{e}{E}\left(2-\frac{e}{E}\right)$$

oder:

$$e=E\left[1-\sqrt{1-\frac{p}{P}}\right].$$

In unserem Falle ist für den obigen Draht von $\frac{3}{10}$ Linien im Durchmesser:

$$E=\frac{A}{2B}=\frac{54\,.\,0{,}295079}{2\,.\,54^2\,.\,0{,}000334}=\frac{441{,}7}{54}=8{,}18 \text{ Linien,}$$

welches im Vergleiche mit der Länge des Drahtes von 696 Linien den 85sten Theil beträgt. Das größte Gewicht, welches dieser Draht zu tragen vermag, ist:

$$P=\frac{A\,.\,E}{2}=\frac{0{,}295079\,.\,441{,}7}{2}=65{,}17 \text{ Pfund.}$$

Werden diese zwei Werthe in dem allgemeinen Ausdrucke substituirt, so folgt:

$$e=\frac{44{,}7}{44}\left[1-\sqrt{1-\frac{p}{65{,}17}}\right],$$

und wenn man die 54 Mal größeren Ausdehnungen berechnen will, so ist:

$$54\,.\,e=441{,}7\left[1-\sqrt{1-\frac{p}{65{,}17}}\right].$$

Mit Zugrundlegung dieser Gleichung ergiebt sich folgende Tabelle:

Digitized by Google

Werth für p. N. Oestr. Pfd.	Beobachtete Ausdehnung 54 . e. Nied. Oestr. Lin.	Berechnete Ausdehnung 54 . e. Nied. Oestr. Lin.	Unterschiede der Rechnung von der Beobachtung.
4	14	13,8	+0,2
8	28	28,0	0,0
12	43	42,7	+0,3
16	58	58,0	0,0
20	74	73,9	+0,1
24	90,5	90,6	—0,1
28	108	108,0	0,0
32	127	126,5	+0,5
36	146	146,1	—0,1
40	167	167,2	—0,2
44	190	189,9	+0,1
48	215	215,0	0,0
52	244	243,2	+0,8

Man ersieht hieraus, dafs die Unterschiede, obgleich sie 54 Mal gröfser erscheinen, dennoch sehr unbedeutend sind, woraus also die Richtigkeit der abgeleiteten Formel erhellet. Dabei mufs aber bemerkt werden, dafs die Versuche mit jeder Drahtgattung vier bis 5 Mal wiederholt, und alle Versuche, wobei sich Unregelmäfsigkeiten zeigten, ausgelassen wurden.

Wir übergehen die weiteren Versuche, welche in dem genannten Handbuche der Mechanik verzeichnet sind. Die Resultate, welche aus denselben hervorgehen, und eben so wichtig als neu sind, bestehen in Folgendem:

I. Die Ausdehnungen aller Körper werden desto gröfser, je gröfser die Spannkräfte sind, durch welche sie bewirkt werden. Weil aber auch die Ausdehnung durch Vermehrung der Spannkräfte zu grofs, und die Cohäsionskraft überschritten werden kann, sonach der Körper am Ende zerrissen oder zerbrochen wird, so folgt von selbst, dafs die Festigkeit oder Cohäsionskraft p nicht blofs der Ausdehnung e allein proportional seyn könne, sondern dafs der algebraische Ausdruck für die Festigkeit p (oder die Function, wodurch die Verhältnisse der Spannkräfte

Digitized by Google

und der Ausdehnung einander gleich werden) nebst dem Factor e noch einen Factor von der Form $A-B.e$ enthalten müsse, damit nämlich die Spannkraft p nicht nur anfangs, wo $e=0$ ist, sondern auch am Ende, wo die Spannkraft der Cohäsionskraft gleich ist, und die Ausdehnung ihre Gränze $\left(e=\frac{A}{B}\right)$ erreicht, verschwinden möge. Diese Bemerkung giebt uns für die *Festigkeit aller Körper die allgemeine Gleichung:*

$$p=e(A-B.e),$$

wo A und B durch besondere Erfahrungen für jeden Körper bestimmt werden müssen. Aus dieser Gleichung folgen nun die bereits oben angeführten für die gröfste Ausdehnung E und die zugehörige gröfste Belastung P. Hieraus ergiebt sich nun das interessante Resultat, dafs man zur Aufstellung der Gleichung zwischen der Belastung p und der hierdurch bewirkten Längenausdehnung e eigentlich *nur zwei Versuche*, nämlich zur Bestimmung der Coëfficienten A und B bedarf. Hieraus läfst sich sogleich, ohne den Körper weiter zu probiren, das gröfste Gewicht, welches der Körper zu tragen vermag, und die gröfste Ausdehnung, bei deren Ueberschreitung derselbe zerreifst, berechnen. Inzwischen wird es immer vortheilhafter seyn, zur genaueren Bestimmung von A und B mehr als zwei Versuche anzustellen. Je gleichförmiger und sorgfältiger das Eisen bearbeitet, und je weniger dasselbe mit anderen Metallen verunreinigt ist, desto genauer werden die Resultate der Rechnung mit der Erfahrung übereinstimmen. Es unterliegt nicht dem mindesten Zweifel, dafs die Werthe für A und B bei jedem Versuche *dieselben* oder gleich gefunden würden, wenn die geprüften Drähte oder Stäbe aus *chemisch reinem Eisen* und auf *ganz gleiche Art bearbeitet* wären. Die Werthe für A und B werden bei den gewöhnlich im Gebrauche vorkommenden Eisengattungen mehr oder minder abweichen. Die Mittel, welche man in dieser Hin-

Digitized by Google

sicht zur Erhaltung eines möglichst gleichförmig bearbeiteten Eisens anwendet, sind bekannt. In England wird das beste Eisen aus Blechabschnitten, alten Nägeln etc. bearbeitet, und wegen seiner vorzüglichen Qualität unter dem Namen »Scrap Iron« zu den höchsten Preisen verkauft. Zu den neusten englischen Kettenbrücken wurde das Eisen auf eine Art bearbeitet, welche der bekannten Raffinirung des Stahles ähnlich ist. Es wurde nämlich das nach der Puddlings-Methode gefrischte Eisen vorläufig zu dünnen Platten gewalzt, diese in schwache Stücke zerschnitten, in Bündel gebunden, abermals zusammengeschweifst, und wieder gewalzt; nachdem aber diese Operation zwei Mal wiederholt worden, sind erst die Kettenstäbe nach den verlangten Maafsen hieraus verfertigt worden.

II. Ein zweites wichtiges Resultat, welches aus den obigen Versuchen folgt, ist eine genauere Bestimmung der Elasticität der Körper, und insbesondere des Eisens. So lange in der abgeleiteten allgemeinen Gleichung

$$\frac{p}{P}=\frac{e}{E}\left(2-\frac{e}{E}\right)$$

der Werth von $\frac{e}{E}$ eine kleine Bruchzahl ist, wird die Zahl 2 durch Subtraction dieser kleinen Gröfse nur unmerklich geändert, und es bleibt

$$\frac{p}{P}=\frac{2e}{E},$$

demnach:

$$p : 2P = e : E.$$

Da hierin für jeden Körper P und E bestimmte Werthe annehmen, so ist p dem e proportional, d. h. bei kleinen Belastungen sind die dadurch bewirkten Ausdehnungen den ersteren proportional, oder die Stäbe sind vollkommen elastisch.

Wird aber p gröfser genommen, so findet man auch die von denselben bewirkte Ausdehnung e gröfser, und

Digitized by Google

der Factor $2 - \frac{e}{E}$ erleidet eine merkliche Aenderung. Betrachten wir nämlich eine horizontale Versuchsreihe, so finden wir die Ausdehnungen, welche sich bei den nach und nach verminderten Gewichten 40, 36, 32, 28 ... 4 Pfund gezeigt haben =167, 154, 140, 126, 113, 100, 86, 72, 59, 45, und nach dem Abnehmen des Laufgewichtes blieb der Draht noch um 32 verlängert. Dieselben Ausdehnungen fanden auch statt, wenn der Draht wieder mit den Gewichten 4, 8, 12, 16 . . . . 40 Pfd. beschwert wurde. Weil aber in diesem Falle die Ausdehnung 32 noch *vor* der wiederholten Auflegung der Gewichte 4, 8, 12, 16 . . . . 40 Pfd. vorhanden war, demnach nicht mehr als eine Wirkung der neu aufgelegten Gewichte betrachtet werden kann, so müssen wir in dieser Versuchsreihe die Ausdehnung 32 von allen bemerkten Ausdehnungen abziehen, und wir erhalten sonach:

für die Gewichte

4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40

die bewirkten Ausdehnungen

13, 27, 40, 54, 68, 81, 94, 108, 122, 135,

welche wegen der gleichen Unterschiede den darüber stehenden Gewichten offenbar proportional sind. Hieraus ist zu ersehen, dafs die bei den Versuchen vorgefundenen Ausdehnungen eigentlich *Summen zweier Ausdehnungen* sind, wovon die erste als eine von den bereits früher angehängten Gewichten beigebrachte, und nach abgenommenem Gewichte dem Drahte *gebliebene Ausdehnung*, die zweite aber als eine den neu aufgelegten Gewichten *proportionale Ausdehnung* zu betrachten ist. Macht man daher einen Versuch mit einem Stabe, *der bereits eine Ausdehnung erhielt*, so findet das Gesetz der vollkommenen Elasticität nur bis zu der Last statt, womit der Stab schon früher beschwert wurde; belastet

man ihn aber weiter, so findet sich dieses Gesetz verändert.

Hieraus ergiebt sich eine wichtige Bemerkung für *den Bau der Kettenbrücken.* Werden dieselben bei ihrem nachfolgenden Gebrauche mit einer gröfseren Last beschwert, als womit die Kettenglieder bei ihrer Probe belastet wurden, so tritt eine weitere Ausdehnung der Kettenstäbe und eine neue bleibende Verlängerung ein, oder die Ketten werden schlapp und die Brückenbahn sinkt unter ihre ursprüngliche Ebene ein. *Wenn daher Kettenbrücken bei ihrem Gebrauche ihren ersten Stand aufrecht erhalten, und die Ketten nicht schlapp werden sollen, so müssen alle Kettenglieder vor ihrem Einhängen bis zu der gröfsten Last probirt werden, welche sie später zu tragen haben.* Hierin liegt der Grund, warum mehrere Kettenbrücken nach ihrer Aufstellung während des Gebrauches eine Senkung in der Mitte erlitten haben.

Die weitere Ausführung dieses interessanten Gegenstandes findet sich in dem oben angeführten Handbuche der Mechanik. Der erste Band dieses Werkes enthält die Mechanik fester Körper, der zweite Band die Mechanik flüssiger Körper, der dritte Band aber, wovon bereits die erste Abtheilung erschien, die Beschreibung gröfserer Maschinenanlagen. Alle drei Bände erhalten zusammen wenigstens 200 Druckbogen und 105 mit aller Sorgfalt ausgeführte Kupfertafeln in Querfolioformat. Der Band ist einzeln durch alle Buchhandlungen in Deutschland um 8 Rthl. sächs. zu beziehen.

V. *Versuche über die Erstarrungspunkte ternärer Legirungen aus Zinn, Blei und Zink;* von A. F. Svanberg und L. F. Svanberg.

(Aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handling. f.* 1830, *p.* 205.)

Die vorliegende Arbeit ist als eine weitere Ausführung der von Hrn. Prof. Rudberg angeregten Untersuchung *) zu betrachten. So wie nämlich dieser Physiker das Erkalten binärer Legirungen zum Gegenstand seiner Forschung machte, beschäftigten sich die Verfasser der gegenwärtigen Abhandlung mit dem Erkalten ternärer Legirungen, und zwar zunächst derer aus Zinn, Blei und Zink. Die befolgte Beobachtungsweise und die angewandten Instrumente waren ganz dieselben, deren sich Hr. Prof. Rudberg bediente, und, mit diesem, sind auch chemische Verbindungen diejenigen Legirungen genannt, welche sich beim Erkalten wie einfache Metalle verhalten, d. h. dabei einen regelmäſsigen Gang befolgen, ohne in den Zeiten einen bedeutenden Sprung zu zeigen, also ihre latente Wärme nur bei *einer* Temperatur fahren lassen.

Um unter den ternären Legirungen genannter Art die chemische aufzufinden, wurde ein Atom Zinn-Zink ($ZnSn^6$) mit einem Atom Zinn-Blei ($PbSn^3$) zusammengeschmolzen, weil diese binären Legirungen, nach Hrn. Prof. Rudberg's Versuchen, chemische Verbindungen sind. Allein weder bei diesem Verhältnisse, noch als *zwei* oder *vier* Atome $PbSn^3$ zu *einem* Atom $ZnSn^6$ gesetzt wurden, gelang es eine Legirung zu erhalten, die, wie es die Verfasser wünschten, ihre latente Wärme bloſs bei *einer* Temperatur abgegeben hätte. Die zwei genann-

*) Vergl. diese Ann. Bd. XVIII S. 240, und Bd. XIX S. 125, auch Bd. XXI S. 317. *P.*

Digitized by Google

ten Legirungen noch in andern Verhältnissen zu vermischen, erschien ihnen ohne Nutzen, weil sie vermutheten, dafs das Zink sich, durch die Gegenwart des Zinn-Bleis, mit einer andern Anzahl als sechs Atomen Zinn verbunden hätte. Da in jenen Legirungen das Blei mit drei, und das Zink mit sechs, also mit einem Multiplum von drei Atomen Zinn verbunden war, so wurde versucht, ob sich nicht das Zink ebenfalls mit drei Atomen Zinn, und diese Legirung als elektropositiv mit einem, zwei, oder drei Atomen des elektronegativ zu erachtenden Zinn-Bleis verbinden würde, so dafs der Zinngehalt der letzteren Verbindung, ähnlich wie der Sauerstoffgehalt in den Sauerstoffsalzen, ein Multiplum vom Zinngehalt der ersteren wäre.

Die folgende Tafel enthält die Formen, unter welchen die chemische Verbindung aufgesucht wurde, und in den Spalten A, B, C die Temperaturen, bei denen sie ihre latente Wärme abgaben. In der unteren Abtheilung der Tafel ist die wirkliche Zusammensetzung der Legirungen angegeben.

Taf. I.

	A.	B.	C.
$ZnSn^6 + PbSn^3$ (1)	168	178 C.	183
$ZnSn^6 + 2PbSn^3$ (2)	168		178
$ZnSn^6 + 4PbSn^3$ (3)	168	172	178
$ZnSn^3 + PbSn^3$ (4)	168	171	204
$ZnSn^3 + 2PbSn^3$ (5)	168		
$ZnSn^3 + 3PbSn^3$ (6)	168	stieg von 169,5 auf 172	

(1) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + ZnSn^6 + 3Sn$
(2) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + 3Sn$
(3) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + 2PbSn^3 + 3Sn$
(4) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + \frac{1}{2}ZnSn^6 + \frac{1}{2}Zn$
(5) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3)$
(6) $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + PbSn^3$.

Die Legirung $ZnSn^3 + 2PbSn^3$ verhielt sich beim Erkalten folgendermaſsen *):

Temperatur.	Erkaltungszeit.	Temperatur.	Erkaltungszeit.	Temperatur.	Erkaltungszeit.
321° C.		241	22″ —	171	37″
11	12″ —	31	23 +	61	847
301	14 +	21	25	51	45
291	18	11	26 +	41	50,5
81	19 —	201	29 —	31	54
71	19 +	191	31,5	21	61
61	20	81	33,5	11	74
51	20				

Gewichtsmenge der zum Versuch genommenen Masse 272 Grm. Diese Legirung entlieſs demnach ihre latente Wärme nur bei einer einzigen Temperatur, nämlich bei +168° C.

Die Legirung $(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + PbSn^3$, die auch unter die Form: $ZnSn^3 + 3PbSn^3$, gebracht werden kann, verhielt sich zwar fast eben so; allein weil, wie obige Tafel zeigt, gefunden wurde, daſs das Thermometer, ehe es auf 168° fiel und daselbst stehen blieb, von 169,5 auf 172 stieg, und dieſs auf einen oberen Erstarrungspunkt hindeutete, so muſste $ZnSn^3 + 2PbSn^3$ als die auf trocknem Wege sich bildende chemische Verbindung von Zinn, Blei und Zink angesehen werden **). Nach Prof.

*) Das Original enthält die Details der Erkaltung sämmtlicher untersuchten Legirungen. Hier sind nur die auf die Erkaltung der chemischen Legirung bezüglichen Zahlenwerthe mitgetheilt, da sie späterhin bei Untersuchung über ihre latente Wärme gebraucht werden. In Bezug auf die übrigen Legirungen schien es hinreichend, bloſs die festen und beweglichen Punkte anzugeben. *P.*

**) Wiewohl die Zusammensetzung dieser chemischen Legirung vielleicht richtiger durch die Formel:

$$\left\{\begin{matrix}3Sn\\Zn\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}3Sn\\Pb\end{matrix}\right\}^2$$

Digitized by Google

Rudberg's Versuchen schmilzt $ZnSn^6$ bei 200° C. und $PbSn^3$ bei 183°; der Erstarrungspunkt der ternären chemischen Legirung lag also 15° niedriger als der ihres elektronegativen Bestandtheils, des Zinn-Bleis. Was die latente Wärme der ternären chemischen Verbindung betrifft, so wird das Nähere über dieselbe weiterhin angeführt werden.

Nachdem auf diese Weise die durch Zusammenschmelzung von Zinn, Blei und Zink sich bildende chemische Legirung ausgemittelt worden war, wurde sie zuerst mit reinem Zinn-Blei, und sodann mit reinem Zinn-Zink ($ZnSn^6$) versetzt. Diefs brachte immer einen ebenen Erstarrungspunkt hervor, der sich der Erstarrungstemperatur des reinen Zinn-Bleis oder Zinn-Zinks, je nach dem Zusatz dieser binären Verbindungen, näherte, wie aus folgender Tafel zu ersehen ist.

Taf. II.

	Fester Punkt.	beweglich. Punkt.
$(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + 8PbSn^3$	168° C.	178 C.
$(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + 4PbSn^3$	168	174—175,5 *)
$(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + PbSn^3$	168	169,5—172
$(ZnSn^3 + 2PbSn^3)$	168	
$(ZnSn^3 + 2PbSn^3) + 2ZnSn^6$	168	182

Es wurde auch Blei-Zink hinzugesetzt; allein da das Resultat nicht nach Wunsch ausfiel, so versuchten die Verfasser, ob nicht blofses Zusammenschmelzen von Zink und Blei eine Legirung beider in festen Verhältnissen gebe. Indefs auch dieses wollte nicht glücken. Sollte

ausgedrückt werden könnte, so haben doch die Verfasser geglaubt, für ihren Zweck die im Text gebrauchte vorziehen zu müssen.

*) Die doppelten Zahlen in dieser und den folgenden Tafeln bedeuten, dafs das Thermometer von der ersten auf die zweite Temperatur stieg.

Digitized by Google

es eine solche Verbindung geben, so müfste sie, wie die Verfasser meinen, wenigstens eine grofse Anzahl Bleiatome auf ein Zinkatom enthalten; denn das Zink schied sich beim Erkalten immer in einer besonderen Lage über dem noch flüssigen Blei aus. Indefs glückte es, bei höherer Temperatur eine Verbindung in anderem Verhältnisse zu Stande zu bringen, die jedoch bei einer den Siedpunkt des Quecksilbers übersteigenden Temperatur, oberhalb welcher nicht mehr beobachtet werden konnte, wiederum zerfiel. In Betreff des Zinn-Zinks mufs hier erwähnt werden, dafs es (wenn davon mehr, als die chemische Verbindung verlangt, hinzugefügt wird) auf dieselbe Weise in die Mischung einging, wie bei binären Verbindungen, weil sonst nur zwei Punkte des Entweichens der latenten Wärme sich bei No. 4 der ersteren Tafel gezeigt haben würden, während in Wirklichkeit drei solche Punkte stattfanden. Als dagegen zu der chemischen Verbindung ein reines Metall gesetzt wurde, so entstand blofs ein Punkt, welcher oberhalb des festen Punktes lag, und sich dem Schmelzpunkte der reinen Metalle asymptotisch näherte. Für das Zinn und Blei liefs sich dieser Punkt immer mit Sicherheit angeben, aber beim Zink stand das Thermometer niemals ganz still, und es konnte daher als oberer Punkt nur die Temperatur aufgezeichnet werden, bei welcher das Thermometer anfing langsamer zu fallen.

Folgende Tafel zeigt die Resultate dieser Versuche:

Taf. III.

$(ZnSn^3 + 2PbSn^3) = C.$	Fester Punkt.	Beweglicher Punkt.
C + 12 Sn	168° C.	197—198,5
C + 6 Sn	168	188—189
C + 3 Sn	168	178
C	168	
C + 3 Pb	168	205—206
C + 6 Pb	168	228,5

Digitized by Google

$(ZnSn^3+2PbSn^3)=C.$	Fester Punkt.	Beweglicher Punkt.
C+ 9 Pb	168° C,	237
C+12 Pb	168	245,5
C+15 Pb	168	254
C+ 2 Zn	168	258
C+ 4 Zn	168	301

Wie zu ersehen, entsteht, wenn der ternären Legirung eine binäre Legirung von den in ihr enthaltenen Metallen hinzugesetzt wird, ein beweglicher Punkt, und ein zweiter ebenfalls beweglicher Punkt tritt auf, wenn man jener Legirung ein reines Metall hinzufügt. Wenn man demnach gleichzeitig eine binäre Legirung und ein reines Metall mit der ternären chemischen Verbindung zusammenschmilzt, so erhält man immer zwei bewegliche Punkte, von denen der untere beinah unveränderlich ist, so lange der Coëfficient der binären Verbindung in seinem Verhältnifs zu dem (immer als 1 angenommenen) Coëfficienten von $ZnSn^3+2PbSn^3$ nicht variirt, der obere Punkt aber, je nach dem Coëfficienten des reinen Metalls auf- und abschwankt. Indefs ist die Unverrückbarkeit des unteren Punkts nicht ganz vollständig, vielmehr findet auch bei ihm, wie Tafel IV bis VI zeigen, eine geringe Beweglichkeit statt, wenn man sich den reinen Metallen bedeutend nähert.

Taf. IV.

$(ZnSn^3+2PbSn^3)=C.$	Fester Punkt.	Unterer bewegl. Punkt.	Oberer beweglicher Punkt.
$C+4PbSn^3+12Sn$	168° C.	177° C.	188°—189° C.
$C+4PbSn^3+6Sn$	168	176 ,5	183 —184,5
$C+4PbSn^3$	168	174—175,5	
$C+4PbSn^3+3Pb$	168	174	189,5
$C+4PbSn^3+6Pb$	168	174	207
$C+4PbSn^3+9Pb$	168	174	218
$C+4PbSn^3+12Pb$	168	173,5	238
$C+4PbSn^3+15Pb$	168	173	243

Digitized by Google

Taf. V.

$(ZnSn^3+2PbSn^3)=C.$	Fester Punkt	Unterer beweg. Punkt.	Oberer beweglicher Punkt.
$C+8PbSn^3$	168° C.	178° C.	
$C+8PbSn^3+3Pb$	168	178	185° C.
$C+8PbSn^3+6Pb$	168	178	198
$C+8PbSn^3+9Pb$	168	177—178	208—209
$C+8PbSn^3+12Pb$	168	177—178	218
$C+8PbSn^3+15Pb$	168	177—178	224

Taf. VI.

$C+2ZnSn^6+12Sn$	168° C.	183° C.	194,5—196°
$C+2ZnSn^6+6Sn$	168	183	189—190
$C+2ZnSn^6$	168	182,5	
$C+2ZnSn^6+2Zn$	168	181—182	214
$C+2ZnSn^6+4Zn$	168	180—181,5	236

Aus diesen Versuchen scheint also hervorzugehen, dafs Zinn, Blei und Zink durch Zusammenschmelzung nur die chemische Verbindung $ZnSn^3+2PbSn^3$ bilden, und dafs, wenn noch eine andere chemische Verbindung zwischen ihnen da ist, sie wenigstens nicht durch unmittelbares Zusammenschmelzen hervorgebracht werden kann. Allein diese chemische Verbindung kann Zinn, Blei und Zink, so wie deren binären Legirungen, mechanisch aufgelöst enthalten. Aufserdem scheint es, dafs der feste Punkt, oder +168° C., von den Bestandtheilen der Legirung $ZnSn^3+2PbSn^3$ abhängt, der untere der beweglichen Punkte von der in Ueberschufs hinzugesetzten binären Legirung *), und der obere von dem reinen Metalle.

Aus den Erkaltungszeiten der in den Tafeln III, IV und V aufgeführten Legirungen schien hervorzugehen, dafs, wenn man der Seite des Bleis zu nahe kam, diese Zei-

*) Es verdient bemerkt zu werden, dafs die binären Legirungen, welche der ternären chemischen Legirung hinzugesetzt wurden, für sich genommen ebenfalls chemische Verbindungen waren, ihre latente Wärme also bei *einer* Temperatur entliefsen. *P.*

Digitized by Google

ten bei niederer Temperatur einen schnellen Sprung machten, folglich die specifische Wärme der Masse variirte; in wie weit diefs aber von einer Contraction herrührte, diefs zu entscheiden, meinen die Verfasser, erfordere noch eine besondere Untersuchung.

Ueber die latente Wärme der chemischen Legirung.

Um die latente Wärme der chemischen Legirung $ZnSn^3 + 2PbSn^3$ zu finden, sey ϑ die Dauer des Stillstands des Thermometers, ausgedrückt in Secunden; μ die Masse der Legirung, ausgedrückt in Grammen; λ ihre latente Wärme; m die Masse des Quecksilbers bei einem mit diesem gemachten entsprechenden Versuch; s die specifische Wärme desselben bei der in Rede stehenden Erstarrungstemperatur; m' die Masse des Eisentiegels; s' die specifische Wärme des Eisens bei der in Rede stehenden Erstarrungstemperatur; h die Schnelligkeit der Erkaltung bei der mit Quecksilber angestellten Beobachtung bei der Erstarrungstemperatur.

Dann ist $\frac{\mu\lambda}{\vartheta}$ die Wärmemenge, welche der Körper, dessen latente Wärme gesucht wird, in einer Secunde verliert; eben so ist $(ms + m's')h$ die Wärmemenge, welche in einer Secunde bei derselben Temperatur das Quecksilber verliert, wenn dessen Temperatur unverändert blieb. Beide Gröfsen müssen natürlicherweise gleich seyn, also:

$$\frac{\mu\lambda}{\vartheta} = (ms + m's')h,$$

woraus:

$$\lambda = \vartheta h \frac{ms + m's'}{\mu} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Den Werth von ϑ erhält man, wenn man von der ganzen Zeit, welche zu der Erkaltung um die den Erstarrungspunkt einschliefsenden zehn Grade erforderlich ist, die blofs durch die specifische Wärme veranlafste

Zeit abzieht. Die Zeit, welche blofs von der specifischen Wärme herrührt, kann man aber immer berechnen, wenn man die specifische Wärme des Metalls, so wie die Zeit kennt, welche zwischen denselben zehn Graden bei einer Quecksilber-Beobachtung erforderlich ist.

Da in die Gleichung (1), durch welche λ bestimmt wird, die specifische Wärme des Quecksilbers und des Eisens bei der Erstarrungstemperatur eingeht, so mufs zunächst erörtert werden, wie man die Veränderungen findet, welche die specifische Wärme bei verschiedenen Temperaturen erleidet.

Es sey die specifische Wärme des Wassers bei 0° C. $=1$; die Wärmemenge, welche erforderlich ist, die Gewichtseinheit des gegebenen Körpers von 0° bis x^0 zu erhöhen, $=v$; die specifische Wärme dieses Körpers bei der Temperatur $x=s$; die mittlere Wärmecapacität desselben zwischen 0° und x^0 $=M$; dann ist:

$$s=\frac{dv}{dx} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$M=\frac{v}{x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Da nun nach **Dulong** und **Petit's** Versuchen*) die specifische Wärme eine Function der Temperatur ist, deren Variationen indefs sehr klein sind, so mufs man s sehr nahe als proportional mit x ansehen können, und klar ist, dafs s, je weniger es mit der Temperatur variirt, desto eher durch eine Function von der Form

$$s=A+Bx$$

vorgestellt werden kann. Dieser Werth von s in der Gleichung (2) substituirt, giebt:

$$dv=Adx+Bxdx.$$

Integrirt man diese Gleichung, so dafs v verschwindet, wenn $x=0$, so kommt:

$$v=Ax+\tfrac{1}{2}Bx^2,$$

und

*) *Journ. de l'école polytechnique, T. XI.*

und mithin, zufolge der Gleichung (3):

$$M = A + \tfrac{1}{2} B x.$$

Zur Prüfung dieser Formel können die von Dulong und Petit für das *Eisen* bestimmten mittleren Wärmecapacitäten dienen. Diese sind:

von 0° bis 100° =0,1098
0 - 200 =0,1150
0 - 300 =0,1218
0 - 350 =0,1255.

Sucht man A und B aus dem ersten und dritten dieser Zahlenwerthe zu bestimmen, so erhält man:

$$0{,}1098 = A + 50\,B$$
$$0{,}1218 = A + 150\,B$$

und folglich:

$$A = 0{,}1038\ ;\ B = 0{,}00012$$
$$s = 0{,}1038 + 0{,}00012\,x \quad . \ . \ . \ . \quad (4)$$
$$M = 0{,}1038 + 0{,}00006.$$

Folgende Tafel zeigt die Unterschiede zwischen den nach dieser Formel berechneten und den beobachteten Werthen von M:

x.	Berechnete Werthe von M.	Beobachtete Werthe von M.
100°	0,1098	0,1098
200	0,1158	0,1150
300	0,1218	0,1218
350	0,1248	0,1255

Wiewohl die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von M nicht grofs sind, so scheinen sie doch anzudeuten, dafs für das Eisen bei der in Rede stehenden Temperatur die höheren Glieder der Reihe, welche s in Function von x giebt, einen Einflufs auszuüben anfangen. Indefs da die Unterschiede nicht grofs sind, so kann man für das Quecksilber, dessen specifische Wärme keine so grofsen Variationen mit der Temperatur als die des Eisens darbietet, mit desto

Digitized by Google

gröfserer Sicherheit annehmen, dafs die Variationen seiner specifischen Wärme den Temperaturen proportional seyen.

Für das *Quecksilber* ist, nach Dulong und Petit's Versuchen, die mittlere Wärmecapacität:

von 0° bis 100° = 0,0330
- 0 - 300 = 0,0350.

Hieraus ergeben sich für das Quecksilber:

$$A = 0{,}0320\ ;\ B = 0{,}00002$$
$$s = 0{,}0330 + 0{,}00002\,x \quad \ldots\ldots \quad (5)$$
$$M = 0{,}0320 + 0{,}00001\,x.$$

Um die latente Wärme der Legirung $ZnSn^3 + 2PbSn^3$, deren Erstarrungspunkt = 168° C. ist, mittelst der Gleichung (1) zu bestimmen, ziehen die Verfasser eine Beobachtung über das Erkalten des Quecksilbers zu Hülfe, bei welcher sie sich des vom Prof. Rudberg gebrauchten Chrono- und Thermometers bedienten, und dadurch fanden, dafs 455,9 Grm. Quecksilber 39″ erforderten, um von 171° auf 161° zu erkalten.

Nimmt man an, was, wenn auch nicht ganz richtig, doch für den vorliegenden Fall erlaubt ist, dafs die Erkaltungsgeschwindigkeit während jener zehn Grade constant gewesen sey, so wird $h = \frac{10}{39}$.

Da die specifische Wärme von $ZnSn^3 + 2PbSn^3$ unbekannt ist, so kann man natürlich die Zeit nicht berechnen, welche blofs dieser Wärme wegen zum Erkalten von 171° auf 161° nöthig gewesen wäre. Allein da diese (nämlich die blofs durch die *specifische* Wärme bedingte) Erkaltungszeit

zwischen 181° und 171° war = 37″ (Vergl. Taf. S. 282)
- 161 - 151 - = 45

so kann man das Mittel aus diesen beiden Zahlen, nämlich $\frac{1}{2}(37'' + 45'') = 41''$ als die von der specifischen Wärme bedingte Erkaltungszeit zwischen 171° und 161° ansehen, zumal ein Fehler von einer Secunde in dieser

Digitized by Google

Zeit das Resultat nur um ein Achthundertstel ändert. Es ist folglich $\vartheta = 14' \, 7'' - 41'' = 806''$.

Den Werth von s erhält man, wenn man x in der Gleichung (5) setzt $= 168^\circ$: dadurch wird $s = 0{,}03536$. Eben so erhält man s', wenn man in der Gleichung (4) setzt $x = 168^\circ$; diefs giebt $s' = 0{,}12396$. Zur Bestimmung von λ hat man also folgende Werthe:

$\vartheta = 806$ $\mu = 272$
$m = 455{,}9$ $s = 0{,}3536$
$m' = 12$ $s' = 0{,}12396$
$h = \frac{10}{39} = 0{,}25641.$

Und wenn man diese Werthe in der Gleichung (1) substituirt, hat man für die latente Wärme λ der chemischen Legirung $ZnSn^3 + 2PbSn^3$:

$$\lambda = 13{,}4.$$

VI. *Ueber die Veränderung, welche die Doppelbrechung in Krystallen durch Temperaturerhöhung erleidet;*
von F. Rudberg.

Nachdem durch die von mir in diesen Annalen schon beschriebenen Versuche über die Brechung des farbigen Lichts im Bergkrystall, Kalkspath, Arragonit und Topas die Brechungs-Elemente dieser Krystalle für die gewöhnliche Temperatur der Luft genau ausgemittelt worden waren, nahm ich im J. 1830 eine Untersuchung vor, um zu sehen, welche Veränderung diese Elemente bei Erhitzung der Krystalle erleiden möchten. Dafs sie wirklich eine Veränderung erleiden würden, war durch einige für die Fortschritte der Optik äufserst wichtige Entdeckungen des Prof. Mitscherlich gewissermafsen schon bewie-

Digitized by Google

sen; denn aus der von ihm zuerst beobachteten Veränderung der Winkel doppelbrechender Krystalle mit der Temperatur und der daraus sich als Folge ergebenden Verschiedenheit der Ausdehnung dieser Körper nach ihren Hauptrichtungen, liefs sich bereits vermuthen, dafs die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts nach einer jeden dieser Hauptrichtungen sich auf eine ungleiche Weise mit der Temperatur verändern werde, und vollkommen bestätigt ward diefs durch die eben so einfachen als sinnreich angestellten Versuche, wo dieser ausgezeichnete Physiker zwei Krystallplatten gleicher oder verschiedener Natur, aber ungleicher Temperatur, über Kreuz legte, und durch die bei der Compensation dieser Platten stattfindenden Lichtinterferenzen den relativen Werth der mittleren Doppelbrechung auf eine äufserst genaue Weise bestimmte. Indefs erhält man durch die von Prof. Mitscherlich angewandte Methode nur die Differenz zwischen den Veränderungen in den beiden bei der Doppelbrechung entstehenden Strahlen, und man kann also dadurch nicht ermitteln, um wie viel sich einzeln der Brechungsexponent eines jeden dieser Strahlen verändert habe. Diefs läfst sich nur durch eine directe Messung der Refraction bei höheren Temperaturen bestimmen, und deshalb habe ich eine Untersuchung vorgenommen, deren Resultate in Bezug auf den Bergkrystall, Kalkspath und Arragonit ich jetzt mittheilen werde.

Diese Versuche sind an demselben Ort und mit denselben Instrumenten wie meine früheren angestellt. Ich verweise deshalb auf meine erste Abhandlung über die Doppelbrechung *), und bemerke hier nur, dafs, um den

*) Diese Annal. Bd. XIV S. 45. Die Fortsetzung dieser Arbeit findet sich im Bd. XVII S. 1. In Bezug auf letztere ist es hier wohl der Ort einen Fehler zu berichtigen. S. 3, da, wo von der Lage der Polarisationsebenen bei den durch zweiaxige Krystalle gehenden Strahlen die Rede ist, mufs es, Zeile 19 von oben, heifsen: Denkt man sich zwei Ebenen durch den Licht

Krystall beliebig lang in einer unverändert hohen Temperatur zu erhalten, noch eine besondere Vorrichtung zum Erhitzen nöthig war. Die Haupterfordernisse eines solchen Apparates waren: 1) dafs der Krystall von keinem Körper mit unbekanntem Brechungsvermögen umgeben wurde, und 2) dafs der zur Erhitzung dienende Theil ganz getrennt von dem zur Messung gebrauchten Instrumente bliebe, damit die Ablenkung der Strahlen in höherer Temperatur sich vollkommen eben so leicht und zuverlässig als in *niederer* bestimmen liefse. Ehe ich die Resultate anführe, werde ich also die Art beschreiben, wie ich diese constante Temperaturerhöhung hervorgebracht habe.

Ein parallelepipedischer Kasten von Eisenblech wurde so eingerichtet, dafs vier seiner Flächen, nämlich zwei der Seitenwände, die Deck- und die Bodenplatte, doppelt waren, und so einen breiten, hohlen Rahmen bildeten, der unten durch eine angeschraubte Röhre mit einem kleinen kupfernen Dampfkessel, und oben durch eine kurze angelöthete Röhre mit der Luft in Gemeinschaft stand. Die Vorder- und Hinterseite des von diesem Rahmen eingeschlossenen Raums wurde mit Marienglas zugesetzt. Der aus dem Dampfkessel sich entwikkelnde und den hohlen Rahmen durchströmende Wasserdampf erhitzte natürlich den von dem Rahmen eingeschlossenen parallelepipedischen Raum, und folglich auch das in diesen Raum gebrachte Krystallprisma. Die Temperatur dieses Raumes wurde mittelst eines Thermometers gemessen, das, in einer eigends dazu angelötheten Röhre, durch die beiden oberen Wände des Rahmens geleitet, und, damit die erwärmte Luft nicht aus dem inne-

strahl und jede der optischen Axen gelegt, und ferner eine dritte Ebene, die, durch den Lichtstrahl gehend, den Winkel zwischen den beiden vorigen Ebenen halbirt, so ist diese Ebene eine der Polarisationsebenen, die zweite ist die, welche, durch den Strahl, senkrecht gegen die erstere Polarisationsebene gelegt wird. *P.*

Digitized by Google

ren Raum trete, in der erwähnten Röhre durch einen Korkstöpsel luftdicht befestigt ward. Durch eine zweite im Boden des hohlen Rahmens angebrachte Röhre stand die Luft in dem inneren Raum mit der äufsern in Verbindung, damit sie immer gleiche Elasticität wie letztere habe. Durch diese Röhre ging, ohne sie inwendig zu berühren, eine Messingstange senkrecht vom Repetitionskreis hinauf, welche oben mittelst einer Messingplatte den zur Messung dienenden Krystall trug, und unten in die Messingscheibe eingeschraubt war, die, statt der bei meinen früheren Versuchen den Krystall tragenden matten Glasscheibe, in den am äufseren Rand gezähnten und durch eine Mikrometerschraube zu bewegenden Ring eingelassen wurde. Da dieser Ring aufserhalb des Erhitzungs-Apparates lag, so konnte also der Krystall gerade eben so gedreht werden, wie wenn er in freier Luft stände, und da sich die Spectra der Krystallprismen durch die Marienglas-Scheiben beobachten liefsen, so konnten alle Bestimmungen, die bei den früheren Versuchen in gewöhnlicher Temperatur gemacht waren, jetzt in erhöhter wiederholt werden. Der hohle Blechrahmen ward übrigens an der einen Seite von einer auf der steinernen Unterlage des Repetitionskreises befestigten Eisenstange getragen, und auf der andern Seite durch eine gebogene Röhre mit dem Dampfkessel in Verbindung gesetzt, ohne im Geringsten irgendwo mit dem Kreise in Berührung zu stehen. Fig. 1 Taf. VII wird die Einrichtung des ganzen Apparats vollends verdeutlichen, besonders wenn man die Beschreibung im Bd. XIV S. 46 dieser Annalen zu Rathe zieht.

Die Temperatur im Innern des parallepipedischen Raums blieb während der Dauer eines jeden Versuchs ganz unverändert. Je nach der Temperatur der äufseren Luft, die von +12° bis +20° C. wechselte, betrug sie indefs von einem Tag zum andern 76° bis 84° C.,

Digitized by Google

so dafs bei jedem Versuch ein Temperaturunterschied von ganzen 64 Graden benutzt werden konnte.

Was die Versuche selbst betrifft, so mag noch folgendes erinnert werden. Ich habe die Refractions-Aenderungen nur für einen einzigen Streifen im Spectrum, nämlich den Streifen *F*, bestimmt, weil ich keine merkliche Aenderung in der Dispersion wahrnehmen konnte. Das Prisma wurde anfangs so gedreht, dafs, bei der Temperatur der äufseren Luft, dieser Streifen *F* in das Minimum der Ablenkung kam, und dann, nach der durch den Wasserdampf bewirkten Erhitzung, bei unverrückter Stellung des Prismas die Aenderung der Ablenkung gemessen. Bei den einaxigen Krystallen hatte man nur diese Messung zu machen, weil, wegen des Parallelismus der Kante des Prismas mit der Krystallaxe, der brechende Winkel sich nicht mit der Temperatur änderte. Bei den zweiaxigen Krystallen, z. B. bei dem Arragonite, mufste aber noch aufserdem die durch die Erhitzung hervorgebrachte Aenderung in dem brechenden Winkel bestimmt werden, weil diese, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird, sehr bedeutend ist.

Bei der Berechnung des Brechungsexponenten mufste noch berücksichtigt werden, dafs die den Krystall umgebende Luft erhitzt war, also eine geringere Brechkraft hatte, und dafs dadurch der gebrochene Strahl beim Austritt aus der Marienglas-Scheibe ein wenig abgelenkt wurde. Die beobachtete Ablenkungsveränderung erforderte deshalb noch eine Correction. Nach den Versuchen von Arago und Biot ist bei der Temperatur *t* und dem Barometerstand *h* der Brechungsexponent der Luft:

$$= \sqrt{1 + \frac{0{,}000588767}{1 + 0{,}00375 \,.\, t} \cdot \frac{h}{0^{m}{,}76}}$$

Da die Elasticität der inneren und äufseren Luft gleich war, und gleich $0^{m},76$ gesetzt werden konnte, so erhält man bei $+16^{0}$ C., als mittlerer Temperatur der

äufseren Luft, den Brechungsexponent $=\sqrt{1+0{,}0005554}$, und bei $+80^{\circ}$, der mittleren Temperatur der inneren Luft, $=\sqrt{1+0{,}0004529}$, also, wenn v das Verhältnifs zwischen beiden Exponenten bezeichnet, $v=1{,}000051$. Ist nun Δ die durch das Prisma bewirkte Ablenkung des Strahls und $\delta\Delta$ der kleine Winkel, um den der Strahl noch beim Austritt aus der Marienglas-Scheibe gebogen wird, so hat man $\sin\Delta=v\,.\,\sin(\Delta-\delta\Delta)$ oder:

$$\delta\Delta=\frac{v-1}{v}\tan g\,\Delta.$$

Diese Correction mufs immer zu der beobachteten Ablenkung addirt werden. Nennt man nun die hienach corrigirte Veränderung $\pm d\Delta$, den brechenden Winkel des Prismas ε, die Aenderung in diesem $\pm d\varepsilon$ und den Brechungsexponenten n, so hat man für letzteren mit hinreichender Annäherung bei einaxigen Krystallen den Ausdruck:

$$n=\frac{\sin\frac{1}{2}(\Delta\pm d\Delta+\varepsilon)}{v\sin\frac{1}{2}\varepsilon}$$

und bei zweiaxigen:

$$n=\frac{\sin\frac{1}{2}(\Delta\pm d\Delta+\varepsilon\pm d\varepsilon)}{v\sin\frac{1}{2}(\varepsilon\pm d\varepsilon)}.$$

Die Beobachtungen, welche mit den bei der früheren Untersuchung angewandten Prismen angestellt worden sind, haben folgende Resultate geliefert:

1) *Kalkspath.* Brechender Winkel des Prismas $=59^{\circ}\ 55'\ 9''$.

a) *Ordentliches Spectrum.* In diesem zeigte sich die auffallende Erscheinung, *dafs der Streifen F, auf den das Fadenkreuz bei niederer Temperatur eingestellt worden war, auch bei der höheren unverrückt stehen blieb, mithin die Brechung durch eine Temperaturerhöhung von 64° C. auf keine merkbare Weise verändert wurde.* Die einige Mal bei den Repetitionen der Messung bemerkte Vergröfserung der Ablenkung war so ungemein gering, dafs sie nicht gemessen werden konnte;

Digitized by Google

während doch einleuchten mufs, dafs bei einer so grofsen Ablenkung wie die des Streifens F, nämlich 52° 53′ 43′ eine sehr geringe Aenderung in dem Brechvermögen, eine sehr merkbare in der Ablenkung zur Folge gehabt haben würde. Streng genommen, *deutet jedoch diese beobachtete Unveränderlichkeit der Ablenkung auf eine kleine Verminderung der Brechkraft*, weil, wenn diese ganz unverändert geblieben wäre, durch die verminderte Dichtigkeit der Luft eine Vergröfserung der Ablenkung hätte bewirkt werden müssen.

Diese Vergröfserung läfst sich folgendermafsen leicht berechnen. Der Brechungsexponent der Strahlen F bei der niederen Temperatur ist $=1{,}66802$, und darnach wird das durch die Formel:

$$\sin\tfrac{1}{2}(\Delta+\varepsilon)=1{,}000051\,.\,1{,}66802\,.\,\sin\tfrac{1}{2}\varepsilon$$

berechnete $\Delta=52°\ 54'\ 14''$, also um 31″ gröfser als 52° 53′ 43″. Von diesen 31″ müssen jedoch die

$$14''=\frac{0{,}000051}{1{,}000051}\tang 52°\ 53'\ 43'',$$

um welchen Winkel der Strahl bei der Marienglas-Scheibe abgelenkt wurde, subtrahirt werden, so dafs endlich die Vergröfserung der Ablenkung, im Fall das Brechungsvermögen vollkommen ungeändert geblieben wäre, nur 17″ betragen haben würde. Obgleich dieser Winkel der geringste ist, der noch mit dem Repetitionskreise gemessen werden konnte, so kann ich doch nicht glauben, dafs eine solche Veränderung, falls sie wirklich stattgefunden hätte, der Beobachtung entgangen wäre. Man wird also zu dem Schlufs geführt: *dafs das Brechvermögen des Kalkspaths für den ordentlichen Strahl entweder mit der Temperatur durchaus unveränderlich ist, oder höchstens eine äufserst kleine Verringerung erleidet.*

b) Aufserordentliches Spectrum. Die Ablenkung des Strahls F wurde durch die Temperaturerhöhung von 64° um 2′ 26″ vergröfsert gefunden; legt man hiezu noch die bei der Marienglas-Scheibe stattgefundene Ablenkung,

welche $\frac{0,000051}{1,000051} \cdot tang\, 36^\circ\, 18'\, 26'' = 8'',0$ beträgt, so ist die ganze *Vergröſserung der Ablenkung:*

2′ 34.

Eine so merkliche Veränderung bei diesem Spectrum, dem beim Kalkspath die geringere Brechkraft zukommt, macht die beim ordentlichen Spectrum beobachtete Unveränderlichkeit nur noch auffallender. Der aus obiger Veränderung berechnete Brechungsexponent des auſserordentlichen Strahls *F* in höherer Temperatur ist:

1,49118,

während er in gewöhnlicher Temperatur 1,49075 beträgt. Eine Temperaturerhöhung von 64° C. *bewirkt also beim auſserordentlichen Spectrum eine Vergröſserung des Brechungsexponenten von* +0,00043.

Das Hauptresultat ist also, *daſs die Doppelbrechung des Kalkspaths auf solche Weise mit steigender Temperatur abnimmt, daſs der auſserordentliche oder der kleinere Brechungsexponent sich vergröſsert, und sich folglich dem ordentlichen nähert, welcher dagegen keine oder eine äuſserst geringe Veränderung erleidet.*

Bei meinem Aufenthalte in Berlin zu Anfange dieses Jahres habe ich die glückliche Gelegenheit gehabt, dem Prof. Mitscherlich die Unveränderlichkeit der Ablenkung des ordentlichen Strahls und die merkliche Vergröſserung der Ablenkung des auſserordentlichen durch einige bei ihm selbst mit Kalkspath und mit einem dem vorhin beschriebenen ganz ähnlichen Erhitzungsapparat angestellte Versuche zeigen zu können. Diese Erscheinung steht auch in Uebereinstimmung mit der vom Prof. Mitscherlich gemachten Entdeckung, *daſs das Kalkspath-Rhomboëder bei steigender Temperatur sich in Richtung der Krystallaxe merklich ausdehnt, nach den gegen diese Axe senkrechten Richtungen aber äuſserst wenig zusammenzieht, sich folglich einem Würfel nähert*, woraus die durch meine Beobachtungen nachgewie-

Digitized by Google

sene Abnahme der doppelten Strahlenbrechung schon zu vermuthen war.

Indefs bleibt es doch im Ganzen unerklärbar, weshalb, da doch sonst die Körper bei ihrer Ausdehnung eine Verringerung ihrer Brechkraft erfahren, der aufserordentliche Strahl des Kalkspaths bei einer Temperaturerhöhung, ungeachtet der Krystall sich in Richtung der Axe ausdehnt, stärker gebrochen wird *), und der ordentliche Strahl, ungeachtet der Krystall in senkrechten Richtungen gegen die Axe sich zusammenzieht, entweder gleich stark oder etwas schwächer gebrochen wird. Bekanntlich hat schon Hr. Arago eine ähnliche Erscheinung beim Wasser beobachtet, nämlich die, dafs das Brechvermögen von der dem Maximo der Dichtigkeit entsprechenden Temperatur bis zum Gefrierpunkt fortwährend zunimmt.

II. Bergkrystall.

Prisma No. 2. Brechender Winkel $=45^{\circ}\ 20'\ 5''$.

In beiden Spectris dieses Krystalls wurde bei Erwärmung eine, und zwar anscheinend gleich grofse *Verminderung* der Ablenkung beobachtet; sie betrug für 64° C. Temperaturerhöhung 48",0; also ist nach der Reduction: $\frac{0{,}000051}{1{,}000051}$ *tang* 28° 15 $=6'',0$ die *absolute Verminderung:*

$$=-42'',0.$$

Hienach wird für das *aufserordentliche* Spectrum der berechnete Brechungsexponent $=1{,}555868$, also um 0,00028 geringer als bei der gewöhnlichen Temperatur, und für das *ordentliche Spectrum* $=1{,}54944$ oder um 0,00026 kleiner.

*) Sobald nämlich, wie bei dem vom Verfasser angewandten Prisma die Krystallaxe senkrecht gegen die Brechungsebene liegt; läge sie parallel derselben, so würde der aufserordentliche Strahl, da er in diesem Fall stärker gebrochen wird als der ordentliche, bei Erwärmung, wo er sich diesem zu nähern sucht, eine Verringerung seiner Ablenkung erleiden. *P.*

Digitized by Google

III. Arragonit.

Von diesem Krystall habe ich die Prismen *A* No. 1, *A* No. 2, *B* No. 2 und *C* No. 2 untersucht, und bei allen in dem gegen die Krystallaxe senkrecht polarisirten Spectrum eine *Verminderung der Ablenkung* gefunden, so wie eine Veränderung in dem brechenden Winkel, ausgenommen bei dem Prisma *A* No. 1, wo der Winkel seiner Gröſse wegen nicht in dem Erhitzungsapparat gemessen werden konnte. Die beobachteten Resultate waren:

Veränderung	*A* No. 1.	*A* No. 2.	*B* No 2.	*C* No. 2.
der Ablenkung:	—5′8″	—1′53″	—4′ 3″	—2′58″
des brech. Winkels:		+ 16,0	—1 53,0	— 48,6

Berichtigt man diese Werthe wegen der Ablenkung bei der Marienglas-Scheibe, so erhält man:

Wirkliche Veränderung	*A* No. 2.	*B* No. 2.	*C* No. 2.
der Ablenkung:	—1′ 47″	—3′ 57″	—2′ 52″
des brechenden Winkels:	+ 30,0	—1 44	— 40

Dadurch bekommt man folgende Brechungsexponenten:

A No. 2.	*B* No. 2.	*C* No. 2.
1,53416	1,69421	1,68976.

Bei der gewöhnlichen Temperatur waren sie aber:

1,53478	1,69510	1,69058.

Die Temperaturerhöhung von 64° C. hat folglich die Brechungsexponenten nach allen drei Hauptrichtungen des Arragonits vermindert, und zwar nach der

	Axe *A*	Axe *B*	Axe *C*
um:	—0,00062	—0,00089	—0,00082.

Die hieraus sich ergebende Neigung der optischen Axen zu einander, wenn man sie nach der Formel: $\sin^2 \frac{1}{2}\alpha = \frac{n'''^2 - n''^2}{n'''^2 - n'^2}$ berechnet, wird:

$19^{\circ}\ 39'\ 36''$;

folglich um 20′ 14″ geringer als sie bei der gewöhnlichen Temperatur ist. Es folgt hieraus, dafs gleich wie die Doppelbrechung des Arragonits mit der Temperatur abnimmt, eben so auch gleichzeitig mit ihr die Neigung zwischen den optischen Axen vermindert wird.

Obgleich die Doppelbrechung des Arragonits, wie gesagt, ein wenig mit der Temperatur abzunehmen scheint, da der Brechungsexponent nach der Axe A verhältnifsmäfsig weniger als die nach den Axen B und C vermindert wird, so verhält sich doch der Arragonit im Uebrigen ganz anders bei Erwärmung als der Kalkspath. Die Axe A des Arragonits entspricht nämlich der Krystallaxe des Kalkspaths, und doch findet nach ersterer eine Verminderung, nach letzterer aber eine Vergröfserung des Brechvermögens statt; eben so erleidet die Brechkraft in den gegen jene Axe senkrechten Richtungen beim Arragonit eine bedeutende Verminderung; beim Kalkspath dagegen fast gar keine Veränderung. Wünschenswerth in mehrer Hinsicht wäre deshalb eine Untersuchung über die Dimensionsveränderungen des Arragonits nach seinen drei Hauptrichtungen bei Temperaturveränderungen.

VII. *Ueber die epoptischen Figuren des Arragonits ohne vorläufige Polarisation;*
von P. Erman.

(Auszug aus einer am 12. Jul. d. J. vor der Academie gelesenen Abhandlung. Wir machen uns das Vergnügen, den thatsächlichen Inhalt dieser schätzbaren Arbeit mitzutheilen, weil wir mit dem würdigen Verfasser glauben, dafs der Gegenstand in nachstehender Ausführlichkeit noch nicht behandelt worden sey (eine kurze Notiz darüber gab bereits Hr. Prof. v. Kobell in diesen Annal. Bd. XX S. 342), und noch vieles an der genügenden Erklärung dieser complicirten Phänomene fehle. *P.*)

Bekanntlich sind wenig Krystalle so mit Zusammen- und Ineinanderwachsungen behaftet, wie die des Arragonits. Auch wenn die Säulen die gröfste Einfachheit zu verheifsen scheinen, findet man doch meistens bei genauerer Untersuchung der Zuspitzungsflächen die Merkmale einer Zusammenfügung mehrer Individuen, und führt man einen Schnitt senkrecht auf die Axe der Säule, so sieht man Lagen, die sich in verschiedenen deutlich gegen einander geneigten Ebenen, parallel mit der Hauptaxe der Säulen, durch die ganze Länge des Krystalls in gröfserer oder geringerer Anzahl fortsetzen.

Giebt man einen Arragonitkrystall zwei senkrecht auf die Axe der Säule geführte Schnitte und polirt sie, so kann man mittelst einer das Licht polarisirenden Tafel und eines analysirenden Turmalins, die normalen Depolarisationsfiguren des Arragonits beobachten, jedoch nur an den Stellen, die frei sind von den erwähnten Zusammensetzungs-Ebenen. An den Gränzen, wo die optische Figur diese Ebenen erreicht, zeigen sich Rudimente zweier andern farbenreicheren Figuren, die einen grofsen Reichthum der paradoxesten und anomalsten Erscheinungen darbieten.

Digitized by Google

Um sich hier leichter zu orientiren, wähle man einen Krystall, der nur einen einzigen, oder mindestens nur einen ausgezeichnet vorwaltenden Streifen hat. Diesem Krystall schleife man zwei parallele Endflächen senkrecht auf die Axe der Säule, so dafs man längs derselben vollkommen durchsehen kann. Hält man dann den Krystall so, dafs die ganze Ebene des Streifens in der Verlängerung des Lichtstrahls liegt, und der Streifen selbst nur als eine feine Linie sichtbar ist, so erscheint jeder hindurchgesehene Gegenstand einfach und ohne zufällige Farben. Wendet man nun den Krystall im Azimuth so, dafs die Ebene des Streifens schräg zu stehen kommt gegen das unverrückt gehaltene Auge, so erscheinen, in einer Linie liegend, *drei* Bilder des Gegenstandes; das früher gerade ausgesehene bleibt nämlich unverrückt, und zu jeder Seite desselben entsteht, ohne dafs es etwas von seiner Lichtstärke zu verlieren scheint, ein neues Bild. Die zum Auftreten dieser Nebenbilder erforderliche Neigung der Streifen-Ebene gegen den in's Auge gehenden Lichtstrahl beträgt nach einer Seite 28°, und nach der andern 32°; und diese Winkelverschiedenheit entspricht einer Verschiedenheit in dem Abstand der Seitenbilder von einander.

Die Nebenbilder sind complementär gefärbt, und wie sich leicht durch die Beobachtung mit einer Turmalinplatte ergiebt, senkrecht gegen einander polarisirt, während das Hauptbild keine Spur von Polarisation zeigt.

Während man auf diese Weise das dreifache Bild eines Gegenstandes erblickt, wird man bei einer anderweitigen kleinen Wendung des Krystalls lebhaft überrascht durch Erscheinung einer prachtvollen epoptischen Figur, die an Lebhaftigkeit der Farbenringe und Bestimmtheit der Zeichnung diejenigen, die man an den Krystallen durch vorhergegangene Polarisation des Lichts erhält, weiter hinter sich läfst. Diese Figuren entfernen sich von andern bis jetzt bekannten zuerst durch den Um-

Digitized by Google

stand, dafs man sie ohne vorläufige Polarisation des Lichts erblickt; sie sind bei Anwendung von künstlich polarisirtem Licht nicht nur matter und unbestimmter, sondern zeigen sich gerade am allerglänzendsten mitten in der Flamme einer Argand'schen Lampe. Ein zweiter wesentlicher Charakter derselben ist, dafs sie weder ihre Lage noch ihren Werth vom Dunkeln oder Lichten ändern, wenn man sie mittelst eines Turmalins oder Doppelspaths untersucht; zwar erscheinen sie beim Drehen dieses letzteren in einem Quadranten heller als im nächstfolgenden, allein von einem Uebergange vom Dunkeln zum Lichten, von einer Wendung der Schweife oder eines Wechsels der Farbenringe ist keine Spur wahrzunehmen. Drittens sind die epoptischen Figuren von ganz anderer Gestalt als die gewöhnlichen, welche man bei Anwendung von polarisirtem Lichte und einer Turmalinplatte von den streiflosen Stellen einer senkrecht gegen die Axe geschnittenen Arragonitplatte erhält; sie haben die Zeichnung und Färbung der des Glimmers und Topases in gesteigerter Potenz, und eine darauf zu beziehende Modification der Figur, einem wirklichen Kreuz sich nähernd, kommt häufig vor, und kann vielleicht für die Normale gelten, welche in den verschiedenen Individuen durch Lage und Vervielfältigung der Schichten-Ebenen abgeändert erscheint.

Am deutlichsten erhält man die Figuren dadurch, dafs man auf ein kreisrundes Loch von $\frac{1}{3}$ Zoll beiläufig sieht in dem schliefsenden Boden einer 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fufs langen Röhre. Den Arragonitkrystall hält man dicht vor das entgegengesetzte offene Ende der Röhre, und zwar in der gehörigen Neigung der Streifen-Ebene, so dafs drei von einander getrennte Bilder des Lochs erscheinen. Durch ein geringes vorwärts oder rückwärts Neigen des Krystalls erblickt man die Figur mit dem dunkeln Kreuz und Schweif in dem einen, z. B. dem linken Bilde, durch eine geringe azimuthale Wendung des Krystalls ver-

verschwindet die Figur im linken lateralen Bilde und erscheint auf dem rechten, ganz genau dieselbe an Stellung, Zeichnung und Färbung, aber im mittleren, gerade ausgesehenen Bilde erblickt man sie nicht. Es ist hier eine grofse Paradoxie, dafs die epoptische Figur mit demselben Werth der Depolarisirung als dunkeles Kreuz erscheine im ordinären wie im extraordinären Lichte; denn das sind offenbar die zwei lateral gesehenen Bilder allen bekannten Analogien nach. Betrachtet man nun mit gehöriger Aufmerksamkeit den Hergang der Erscheinungen, so findet sich jedoch die Anschauung des Gegensatzes der dunkeln zur lichten Figur schon beim freien Durchsehen nach entfernten Gegenständen, besser beim Gebrauch der das Sehen beschränkenden Scheibe in der Röhre, und am allerbestimmtesten, wenn man den Krystall, statt ihn in freier Hand zu halten, eine Fassung giebt, die auf festem Stativ erlaubt ihm die zwei Wendungen, in Azimuth und Höhe, d. h. rechts und links, und nach vorn und hinten zu geben, und ihn in jeder beliebig zu erhalten. Man sieht alsdann in der Stellung, wo das dunkle Kreuz im Felde des linken lateralen Bildes erscheint, die correspondirende Figur des lichten Kreuzes im mittleren Bilde, welche zwar nie die Lebhaftigkeit des dunkeln erreicht, aber doch bis zur gröfsten Bestimmtheit gebracht werden kann. Wenn man nun durch die Wendung des Krystalls das dunkle Kreuz zu dem mittleren Felde vorrücken läfst, so verwechselt es seinen Werth in den der lichten Figur, sobald sie auf das mittlere Feld projicirt wird, und bei fernerer Fortrückung durch Drehung wird sie wiederum zur dunkeln, auf dem Felde des folgenden lateralen Bildes. Dasselbe findet statt, wenn man das Licht durch Reflexion polarisirt, ehe man es durch den Krystall beobachtet, nur dafs, wie natürlich, die Farben minder lebhaft sind.

Betrachtet man eine monochromische Flamme auf angegebene Weise durch einen Arragonit, so ist der erste

Umstand die überraschende Anzahl von Ringen, die man nun an der epoptischen Figur des Arragonits entdeckt. Alle Farben der Figur sind verschwunden, die ganze Zeichnung ist mit schwarzen Ringen versehen. Die entfernteren, in vielen Kreisen die Figur umgebenden Ringe, die sich früher der Wahrnehmung entzogen, weil ihre Farben und die Gegensätze derselben zu schwach und verwaschen waren, springen jetzt deutlich in's Auge als feine, aber sehr deutlich wahrnehmbare schwarze Striche, dem Gegensatz von dunkel und hell entsprechend.

Wenn das nah gehaltene Auge die Figur durch die schräge Streifen-Ebene erblickt, so kann man das Auge in unverrückter Richtung vom Krystall entfernen, immerfort sieht man in unveränderter Gröfse und Deutlichkeit die Figur auf der Streifen-Ebene selbst gezeichnet. Nun sind doch die angulären Relationen dieser Ebene zu irgend einem Punkt im Innern des Krystalls sehr bedeutend verschieden, wenn man sie aus der gröfstmöglichsten Annäherung des Auges, oder aus einer Entfernung von ein bis zwei Fufs ab vom Krystall betrachtet, und nichts destoweniger bleibt die Figur unverrückt und unverändert.

Vor dem Gestelle, welches einen Arragonit mit zwei parallelen Streifen-Schichten trägt, stelle man eine Lampe, und gebe dem Krystall eine solche Stellung, dafs man im finstern Zimmer durch die Eine schräge Streifen-Schicht hindurch die oben erwähnten drei Bilder sieht, ein mittleres und zwei laterale Spectra, welche ihre Farbensäume so haben werden, dafs für beide die blaue Franse nach aufsen, die rothe nach innen liegt. Giebt man nun dem Krystall eine kleine Azimuthalwendung nach der Richtung, wo die zweite Streifen-Schicht liegt, so sieht man allmälig drei neue Bilder entstehen. Während nämlich durch die Drehung das äufserste rechte Bild der drei erst gesehenen schwächer und schwächer wird und endlich verschwindet, so kommt von der Linken zur Rechten

das durch die zweite Streifen-Schicht bedingte Bild zum Vorschein, und zwar mit dem merkwürdigen Umstand, dafs die Farbensäume entgegengesetzt stehen, so dafs das Blaue des verschwinden wollenden anliegt an das Roth des durch die Drehung entstehenden. Auf diese Weise entstehen bei zunehmender Annäherung der zwei Systeme von Bildern, Reihen farbiger Streifen: und da die Bilder der Flamme sich gegen einander neigen, so könnte man füglich diese Farbenstreifen als Elemente von Ringen betrachten, zu welchen sie wirklich werden durch Senkung und Hebung des Krystalls. Hat man den Krystall festgestellt in der Stellung, wo eben das rechts stehende Bild des einen Systems und das linke des andern im Maximo der Annäherung stehen, und der Gegensatz ihrer Farbensäume am deutlichsten erscheint, so bedecke man die Flamme der Lampe mit ihrem Schirm von Milchglas oder von dichter Gase. Nun sieht man die Bilder der Flamme nicht mehr, man hat vor sich ein gleichförmig helles Expansum, aber auf diesem Expansum steht die epoptische Figur ganz deutlich und glänzend da, an derselben Stelle, wo früher die Bilder interferirten.

Kalkspathkrystalle, die Streifen-Ebenen einschliefsen, geben zwar, wenn man sie so aufstellt, dafs die Streifen-Ebene diefs- und jenseits der Richtung, in welcher man durch den Krystall sieht, einen Winkel von 10° und 14° macht, dreifache Bilder von Gegenständen, wie der Arragonit; allein von epoptischen Figuren ist, wenn man gewöhnliches Licht einfallen läfst, nichts zu bemerken. Indefs, wenn man durch einen solchen Kalkspath eine monochromische Flamme betrachtet, erblickt man unter einer gewissen ganz bestimmten Neigung des Krystalls dennoch farbige Streifen, gleichsam als Elemente einer epoptischen Figur; höchst merkwürdig zeigen sich diese Streifungen bei gehöriger Wendung des Krystalls nur auf den lateralen Bildern, auf dem mittleren gerade ausgesehenen ist keine Spur von ihnen wahrzunehmen.

Digitized by Google

VIII. *Auszug aus einem Briefe an Hrn. Quetelet von Hrn. Herschel über die optischen Eigenschaften der Farbenstrahlen im Borax.*

(Aus der *Correspond. math. et phys. T. VII p.* 77.)

— Ich werde Ihnen hier eine Beobachtung mittheilen, die zu andern von mir aufgefundenen optischen Resultaten in natürlicher Beziehung steht. Es ist die, dafs man nicht immer mit Recht sagen könne, dafs alle optischen Axen für die Strahlen von verschiedener Farbe und Brechbarkeit in einer und derselben Ebene, in dem Hauptschnitt des Krystalls liegen. Ich habe gefunden, dafs dieser Satz sich nicht für den Borax bestätigt. Bei diesem Salze weicht nämlich die Ebene, in der sich die Axen der rothen Strahlen befinden (der Hauptschnitt für die rothen Strahlen) auf eine sehr merkliche Weise von der Ebene ab, in welcher die Axen der violetten u. s. w. Strahlen liegen. Der Versuch ist leicht anzustellen. Man nehme eine Boraxplatte, die so geschnitten ist, dafs sie eins der Ringsysteme zeigt. Diese bringe man zwischen über Kreuz gelegte Turmaline, und drehe sie in ein solches Azimuth, dafs das Centrum des Systems der Lemniscaten von einem Zweige des schwarzen Kreuzes deutlich durchzogen werde und ein vollkommen dunkles Intervall lasse. In dieser Lage würde beim Salpeter die Erscheinung wie *abc*, Fig. 12 Taf. V, seyn. Die Zweige des Kreuzes werden gerade Linien seyn. Allein beim Borax nimmt, wenn die Theilung der Ringe vollkommen scharf und schwarz ist, das Kreuz eine hyperbolische Form an. Die Ursache hievon ist: dafs beim Salpeter die Axen für das Roth, das Gelb, das Blau u. s. w. wie die Punkte *a*, *b*, *c* in einer geraden Linie liegen, die mit der Hauptrichtung *abc* zusammenfällt; allein im Bo-

Digitized by Google

rax liegen sie schief, wie die Punkte *a'*, *b'*, Fig. 13 Taf. V, welche wahrscheinlich Stücke unbekannter, von der Fresnel'schen Elasticitätsfläche abhängiger Linien bilden. Bisher habe ich diese merkwürdige Erscheinung nur beim Borax aufgefunden; allein ich zweifle nicht, dafs sie sich auch in einer merkbaren Weise bei mehren andern Krystallen finden werde *).

*) Auf der Durchreise durch Darmstadt im verflossenen Juli hatte ich das Vergnügen mich zu überzeugen, dafs Hr. Prof. Nörrenberg (gegenwärtig Professor der Physik an der Universität Tübingen) die eben beschriebene merkwürdige Eigenschaft des Boraxes bereits aufgefunden hatte, ohne im Geringsten mit der Beobachtung des Hrn. Herschel bekannt gewesen zu seyn. Auch glaube ich dem Verdienst des Letzteren nicht zu nahe zu treten, wenn ich hier bemerke, dafs die Nichtcoincidenz der Hauptschnitte für die verschiedenen Farbenstrahlen in einem eingeschränkteren Fall schon aus einer früheren Beobachtung des Hrn. Prof. Mitscherlich hervorgeht (diese Annal. Bd. VIII (84) S. 520). Bekanntlich hat dieser ausgezeichnete Physiker gefunden, dafs die optischen Axen des Gypses bei etwa 73$^0\frac{1}{2}$ R. zusammenfallen, und bei einer höheren Temperatur in einer gegen den Hauptschnitt senkrechten Ebene wieder aus einander treten. Fallen nun, wie zu erwarten, bei diesem Krystall die optischen Axen für die verschiedenen Farbenstrahlen nicht sämmtlich genau bei einer und derselben Temperatur zusammen, so mufs der Fall eintreten, dafs ein Axenpaar, z. B. das für die violetten Strahlen, noch in der ursprünglichen Ebene liegt, während ein anderes, z. B. das für die rothen Strahlen, sich schon in der darauf senkrechten Ebene befindet. Hrn. Herschel's Beobachtung lehrt indefs, dafs die Ebenen der verschiedenen Axenpaare nicht blofs einen rechten Winkel, sondern gar einen schiefen mit einander bilden können. *P.*

Digitized by Google

IX. *Versuche über Gitterfarben in Beziehung auf kleinere Höfe;*
von H. W. Dove.

Brewster und Fraunhofer haben Versuche angestellt, die Bildung kleinerer Höfe zu erläutern. Brewster benetzte eine Glastafel mit einigen Tropfen einer gesättigten Auflösung von Alaun, welche schnell zu kleinen, dem Auge kaum sichtbaren Octaëdern in verschiedenen Richtungen liegend krystallisirte. Hielt er diese Tafel an das Auge und sah durch dieselbe nach der Sonne oder nach einem Lichte, so beobachtete er drei Lichtkreise in verschiedenen Entfernungen vom leuchtenden Körper. Fraunhofer legte eine Menge runder Staniolblättchen von 0,027 franz. Zoll Durchmesser zwischen zwei Plangläser, stellte diese lothrecht vor das Objectiv eines achromatischen Fernrohrs, und sah die runde Oeffnung am Heliostat durch dieses Gitter mit drei Farbenringen umgeben, deren Halbmesser für Roth 3′ 15″, 5′ 58″, 8′ 41″ waren, deren Differenzen also constant sind, wie es für so kleine Winkel nach den Beugungsgesetzen seyn mufs. Um zu untersuchen, ob Durchsichtigkeit der kleinen Objecte den Versuch abändere, wurden Glaskügelchen auf ein horizontales Planglas gestreut. Das von der Oeffnung am Heliostat einfallende Licht ging, nachdem es von einem unter 45° geneigten Spiegel nach Oben reflectirt worden, durch das Planglas, und gelangte durch eine zweite Reflexion von einem dem ersten parallelen Spiegel in das Objectiv des horizontal liegenden Fernrohrs. Die Erscheinung war der vorigen ähnlich.

Wenn die Farben der kleineren Höfe Gitterfarben sind, so mufs man durch niedergeschlagenen Wasserdampf

Digitized by Google

dieselben Erscheinungen hervorbringen können, als durch Gitter. Da aber die schönen Farbenringe, welche man um eine ferne Gasflamme sieht, wenn man diese durch ein beschlagenes Glas betrachtet, auch auf andere Weise als durch Beugung erklärt werden können, so müssen die Versuche so eingerichtet werden, daſs sie jede andere Erklärung ausschlieſsen.

Ein quadratisches Glasgitter von 1140 Furchen auf den Pariser Zoll, wurde dicht vor das Objectiv eines achromatischen Taschenperspectivs gehalten, und mit diesem nach einer 30 bis mehrere Hundert Fuſs entfernten Lichtflamme gesehen. Die durch die parallelen Streifen entstandenen Spectra erschienen einander allmälig übergreifend als farbiges Kreuz von der Breite des leuchtenden Objectes. Die dem Objectiv zugekehrte nicht gefurchte Fläche des Glases wurde nun angehaucht, und sogleich zeigte sich die glänzende Erscheinung, welche Fraunhofer auf der 6. Tafel seiner Gitterversuche abgebildet hat mit 4 bis 5 Reihen der charakteristisch verzogenen Seitenspectra. Die Erscheinung blieb dieselbe, wenn die angehauchte Fläche dem Lichte zugekehrt wurde, die gefurchte dem Objectiv. Wurde hingegen die gefurchte Fläche angehaucht, so verschwanden nicht nur die Spectra zweiter Klasse, sondern auch das ursprüngliche durch das Glasgitter entstandene Farbenkreuz wurde fast vollkommen verdeckt.

Um nun zu untersuchen, ob die verzogenen Spectra der zweiten Klasse durch die ungleiche Ablenkung der Farben der zuerst durch das Glasgitter entstandenen Spectra hervorgebracht würden, wurde einfarbiges Licht angewendet. Eine Weingeistlampe, deren Docht mit Salz eingerieben war, und die durch ein gleichseitiges Prisma von Guinand'schem Flintglase betrachtet, einen sehr intensiven blauen und violetten Saum zeigte, wurde durch ein vorgehaltenes braungelbes Glas monochromatisirt. Statt verzogener Seitenspectra erschienen nun beim Anhauchen

Reihen von gleich weit von einander abstehenden niedligen Lichtflammen, die regelmäfsige Quadrate bildeten. Eben solche Reihen rother Lichtflammen erschienen, wenn vor eine Gasflamme ein rothes Glas gehalten wurde. Der Abstand der einzelnen Flammen war aber gröfser als bei gelber Beleuchtung. Bei einer Flamme endlich, welche aufser Gelb und Violett ein lebhaftes Grün im Spectrum zeigte, erschien das Grün weniger abgelenkt als das Gelb, während das Violett wegen Mangel an Helligkeit nicht bemerkt wurde. Ich glaube kaum hinzufügen zu dürfen, dafs die Gestalt des betrachteten Objects gleichgültig ist. Fällt das Licht durch eine runde Oeffnung, so sieht man bei einfarbigem Licht Kreise in den Ecken der Quadrate.

Hält man das quadratische Gitter unmittelbar vor das Auge, so erscheint das Farbenkreuz sehr ausgedehnt. Dreht man das Gitter um einen der lothrechten Streifen, so dafs die Ebene des Gitters immer lothrecht bleibt, so krümmt sich der lothrechte Theil des Kreuzes. Dreht man es um einen horizontalen Streifen, so krümmt sich der horizontale. Die durch den Wasserdampf entstehenden Seitenspectra verhalten sich nun eben so. Bei der ersten Drehung nämlich krümmen sich alle lothrechten Reihen, bei der zweiten alle horizontalen. Da sie den durch das Glasgitter entstandenen parallel bleiben, so ist diefs ein neuer Beweis, dafs sie durch Ablenkung derselben hervorgebracht werden.

Bei dem allmäligen Verschwinden des niedergeschlagenen Wasserdampfes werden die ihn bildenden Wassertüpfchen kleiner, ohne dafs ihr Abstand sich ändert, wovon man sich durch Beobachtung unter einem Mikroskope überzeugen kann. Der Ort, wo man durch Gitter eine bestimmte Farbe sieht, hängt nicht von der Gröfse der Zwischenräume, auch nicht von der Breite der Furchen ab, sondern von der Summe beider. Da diese hier unverändert bleibt, so ist klar, dafs die Spectra ihre Stelle behalten müssen, wenn der Wasserdampf allmälig ver-

Digitized by Google

schwindet. Man sieht sie auch wirklich an derselben Stelle verlöschen, an welcher sie bei dem Anhauchen sich bildeten.

Da man also durch Combination von Glasgitter und Wasserdampf dieselben Erscheinungen wahrnimmt, als durch Combination mehrer Gitter unter einander, so ist es wohl sehr wahrscheinlich, daſs die durch den Wasserdampf allein entstehenden Farben Gitterfarben sind.

Bedingung zum Gelingen des Versuches scheint zu seyn, daſs die auf einander senkrechten Striche des quadratischen Gitters in einer Ebene sich befinden. Denn als zwei aus 1000 parallelen Strichen auf den Zoll bestehenden Gitter mit ihren gefurchten Flächen so an einander gelegt wurden, daſs sie zusammen ein quadratisches Gitter bildeten, erschienen beim Anhauchen der Auſsenfläche keine Seitenspectra, welche aber sogleich mit einem Glasgitter wahrgenommen wurden, welches bei gleichem Abstand der Flächen die auf einander senkrechten Striche in derselben Ebene, nämlich seiner Oberfläche, enthielt.

Die Dicke der Gläser, auf welche diese drei Gitter eingerissen waren, betrug 4 Millimeter, die Platte des Gitters mit 1140 Furchen war 2,5 Millimeter dick.

Die scheinbar sehr complicirten Erscheinungen quadratischer Gitter lassen sich auf folgende Art einfach ableiten. Ist e die Summe der Breite eines Zwischenraumes und eines Streifens, f, g zwei parallele unter dem Winkel σ auf das Gitter fallende Strahlen, so wird, damit im Punkte A in der Entfernung y von der Ebene des Gitters Coincidenz stattfinde,

$$a=b+p+n\lambda$$

seyn müssen, wo, wenn λ die Mittellänge für unbestimmte Farbe bedeutet, n eine ganze Zahl ist.

Substituirt man nun in der Gleichung:

$$b^2=a^2+e^2-2ae\cos\tau$$
$$b=a-(p+n\lambda),$$

Digitized by Google

wo $$a = \frac{y}{\sin\tau}$$
$$p = e \sin\sigma,$$

so erhält man:

$$e \cot g\,\tau - (e \sin\sigma + n\lambda)\sqrt{(1 + \cot g^2 \tau)}$$
$$= \frac{e^2 - (e \sin\sigma + n\lambda)^2}{2y},$$

wo, wenn y gegen e sehr grofs, wie bei Beobachtungen mit Fernröhren, die rechte Seite verschwindet, also:

$$\cot g\,\tau = \frac{e \sin\sigma + n\lambda}{\sqrt{e^2 - (e \sin\sigma + n\lambda)^2}}$$
$$\sin\vartheta = \cos\tau = \sin\sigma + \frac{n\lambda}{e}.$$

Je enger also das Gitter ist, und je schiefer das Licht auffällt, desto gröfser ist die Ablenkung der Strahlen. Zugleich sieht man, dafs bei schiefer Incidenz die Erscheinung nicht symmetrisch auf beiden Seiten sich zeigt.

Bezeichnet λ' die Wellenlänge der am wenigsten brechbaren Strahlen, λ'' die der am meisten brechbaren, so wird die Breite der einzelnen Spectra erster Klasse ein vielfaches von $\frac{\lambda' - \lambda''}{e}$ seyn, des zweiten nämlich das Doppelte dieser Gröfse, des dritten das Dreifache u. ff. Die verzogenen Spectra sind hingegen Diagonalen von Rechtecken, deren Grundlinien, wenn $\frac{\lambda' - \lambda''}{e} = c$ gesetzt wird, $c \,.\, 2c \;\; 3c \ldots$ sind, in der ersten Reihe mit der Höhe c, in der zweiten mit der Höhe $2c$ u. ff.

X. *Ideen über die Isomerie;* *von Hrn.* Dumas.

(Aus einem Briefe an Hrn. Ampère, *Ann. de chim. et de phys. T. XLVII p.* 324.)

Isomer nennt man die Körper, welche bei scheinbar gleicher Zusammensetzung dennoch mit Eigenschaften begabt sind, durch welche man sie unterscheiden kann. Unter diesen Eigenschaften sind einige so abweichend, dafs zwei solcher Verbindungen nicht die mindeste Aehnlichkeit zeigen, obgleich ihre Elementar-Zusammensetzung sicher gleich ist. Es hiefse indefs eine grofse Erscheinung in einen zu engen Kreis einschliefsen, wenn man dabei stehen bleiben wollte, sie auf einige seltene Fälle anzuwenden, wo sie sich mit gröfserer Intensität als gewöhnlich zeigt. Die Isomerie, wie alle grofsen Naturgesetze, zeigt sich keinesweges unter besonderen Umständen, sondern tritt in der mannigfaltigsten Abänderung auf, und scheint alle Körper auf mehr oder weniger tiefe Weise ergreifen zu können. Denkt man sich, dafs es möglich sey, die Molecular-Anordnung in einem Körper auf dauerhafte Weise abzuändern, so wird man ihn dadurch mehr oder weniger eingreifende isomerische Modificationen einprägen.

1) Vermehrungen der Cohäsion, der Dichtigkeit, der Härte, Veränderungen der Krystallform, wobei chemische Eigenschaften und Atomgewichte ungeändert bleiben, sind, wie mir scheint, die ersten Stufen der Isomerie. Die Dimorphie des Schwefels und so vieler anderer Körper, die neuen Eigenschaften so vieler Oxyde bei ihrer Erwärmung, sind z. B. für mich Wirkungen einer anfangenden Isomerie. Von allen diesen Körpern, und namentlich vom Arragonit und Kalkspath, läfst sich sagen, dafs

die chemische Zusammensetzung nicht geändert sey, und bloſs eine Näherung ihrer Molecüle stattgefunden habe *). Nichts hindert also, daſs wir nicht zwei Zucker, zwei Alkohole, zwei Essigsäuren in diesem Grade der Veränderung haben können.

2) Steigern sich die Molecular-Bewegungen, welche die eben genannten Erscheinungen hervorbringen, so haben wir Körper, die zwar noch gleiche Atomgewichte, aber ungleiche chemische Eigenschaften besitzen. Diese haben, wie mir scheint, eine wahrhafte Metamorphose erlitten, in dem Sinn, daſs die Molecular-Gruppen ihrer Atome eine Veränderung erfuhren. Sie zeigen in Folge deſs neue Reactionen. Hieher gehören die Knallsäure, Cyansäure, die Weinstein- und die Traubensäure, die Phosphor- und die Pyrophosphorsäure. Ob, wie ich glaube, in den meisten dieser Fälle eine Sauerstoffsäure in eine Wasserstoffsäure verwandelt werde, das ist eine miſsliche Frage **). Indeſs da die Hülfsquellen der Wissenschaft mit den Schwierigkeiten wachsen, so bin ich überzeugt, ihre Beantwortung wird nicht lange ausbleiben.

3) Noch mehr gesteigert kann die Isomerie den Körpern so distincte Eigenschaften ertheilen, daſs nicht bloſs die physische und chemische Beschaffenheit, sondern auch das Atomgewicht geändert wird. Diese Vorgänge können wenigstens von zwei Ursachen abhängen. Im ersten Fall nimmt das zusammengesetzte Atom eine grö-

*) Man könnte, wenn man wollte, hieher auch die Rechts- und Linksgewundenheit der Berkrystalle rechnen, einen Fall, wo mit Gleichheit der chemischen Zusammensetzung und der Grundform der Krystallgestalt, dennoch Verschiedenheit im Verhalten zum Licht und in der Ausbildung secundärer Flächen verknüpft ist. *P.*

**) Hr. Dumas meint nämlich an einer andern Stelle seines Briefes, die Verschiedenheit der Phosphor- und Pyrophosphorsäure erkläre sich vielleicht durch die Annahme, es sey die eine $PO^5 + OH^2$ und die andere $PO^6 + H^2$. *P.*

Digitized by Google

ſsere Anzahl einfacher Atome auf, wie es der Fall ist bei den Kohlenwasserstoff-Arten, der Gallussäure, dem Ulmin u. s. w. *). Im andern erleidet die Anordnung der binären Verbindungen offenbare Veränderungen; dieſs sieht man am Salicin und Essigäther **), an der Oxalweinsäure und Bernsteinsäure ***), an dem Oxamid und der Purpursäure †), am Harnstoff und cyansauren Ammoniak, am Manna- und Traubenzucker ††), an den neuen von **Wöhler** und **Liebig** dargestellten Verbindungen †††) u. a. m.

Ueberhaupt sieht man beim Vergleich der bereits bekannten isomerischen Körper aus der zweiten und drit-

*) Ein Atom Gallussäure ist nämlich $=H^6C^6O^3$; ein At. Ulmin, nach Boullay, dagegen $=H^{30}C^{30}O^{15}$. (Vergl. Ann. XX S. 69.)

**) Essigäther $=H^6C^4O^3$ (Essigsäure) $+(2H^4C^2+OH^2)$ (Alkohol) ist $=H^{16}C^8O^4$, und nach J. Gay-Lussac's älterer Analyse wäre Salicin $=H^4C^2O^1$; die neuere Analyse dieses Körpers hat aber die Zusammensetzung $H^5C^4O^2$ gegeben (Annalen, Bd. XXIII S. 448) und damit diese Analogie zerstört. *P.*

***) Oxalweinsäure $=2C^2O^3+2H^4C^2=H^8C^8O^6=2$ Bernsteinsäure. *P.*

†) Es scheint hier ein Irrthum obzuwalten. Nach Dumas eigner Untersuchung ist das Oxamid $=(C^2O^3+N^2H^6)-OH^2=H^4C^2N^2O^2$ (Ann. Bd. XIX S. 485); die Purpursäure dagegen, nach Kodweiſs Versuchen (Ann. Bd. XIX S. 19) $=H^{12}C^{18}N^{12}O^{12}$. *P.*

††) Nach der neueren Analyse von Oppermann (Ann. Bd. XXIII S. 446) würde sich der Mannazucker aber dadurch wesentlich vom Traubenzucker unterscheiden, daſs er H^9 auf C^4 und O^4 enthielte, also mehr Wasserstoff als zur Wasserbildung mit dem vorhandenen Sauerstoff nöthig wäre. Nach Prout (Ann. Bd. XII S. 270) ist dieſs zwar nicht der Fall, aber doch der Kohlenstoffgehalt gröſser im Mannazucker als im Traubenzucker. *P.*

†††) Zu dieser Klasse würden auch, wie Hr. D. an einer anderen Stelle bemerkt, Verbindungen folgender Art gehören: mangansaures Manganoxydul $=MnO+MnO^3=2MnO^2$; dreifach basisch übermangansaures Manganoxydul $3MnO+Mn^2O^7=5MnO^2$, die beide gleiche Zusammensetzung wie das Hyperoxyd $=MnO^2$ hätten, aber ein gröſseres Atomgewicht besäſsen. *P.*

Digitized by Google

ten Klasse, dafs das Atomengewicht dasselbe bleibt oder durch eine einfache Zahl multiplicirt wird; dafs die chemischen Eigenschaften gewöhnlich ohne Analogie mit einander sind, dafs die Isomorphie nur in einer kleinen Zahl von Fällen auftritt.

Da sich gerade Gelegenheit hier darbietet, so will ich untersuchen, ob, wie Hr. Robiquet meint*), das Chlor, Brom und Jod den Bedingungen der Isomerie genügen. Sie haben analoge chemische Eigenschaften, sind isomorph; allein ihre Atomgewichte sind weder gleich, noch Multipla von einander; keinem der bisher bekannten isomerischen Körper fehlte aber noch diefs Kennzeichen, sie sind daher isomorph und keineswegs isomer, in dem Sinn, den man gegenwärtig mit letzterem Wort verbindet.

Hätte Hr. Robiquet mir nicht ein Beispiel gegeben, ich würde nicht versucht haben, den bescheidenen Schleier zu heben, in den Hr. Berzelius seine Meinung einhüllte, als er fragte, ob selbst einfache Körper der Isomorphie fähig seyen. Ich habe vorhin die Dimorphie des Schwefels als einen Anfang der Isomorphie bezeichnet; allein ich glaube nicht, dafs diefs Hr. Berzelius damit hat sagen wollen. Irre ich nicht, so braucht man, um ihn zu verstehen, die Aufmerksamkeit nur auf einige Thatsachen zu lenken, die zwar längst bekannt sind, durch Hrn. Berzelius Arbeit über die Platin-Metalle aber an Zahl und Gewicht verstärkt worden sind. Ich meine die Einerleiheit des Atomengewichts vieler einfachen Körper. Das folgende Verzeichnifs reicht hin zu zeigen, dafs kein blofser Zufall dieselbe entstehen liefs.

*) In einem früheren Aufsatz in den *Annal. de chim. et de phys. T. XLVII p.* 56.

Digitized by Google

Zink	403,22
Yttrium	401,84
$\frac{1}{2}$ Antimon	403,22
$\frac{1}{2}$ Tellur	403,22
2 Schwefel	402,33

Platin	1233,26
Iridium	1233,26

Osmium	1244,21
Gold	1243,01

Wismuth	1330,37
2 Palladium	1331,68

Kobalt	368,99
Nickel	369,67
$\frac{1}{2}$ Zinn	367,64

Cerium	574,7
$\frac{1}{2}$ Tantal	576,8

Kupfer	395,7
$\frac{1}{2}$ Jod	394,6

Molybdän	598,5
$\frac{1}{2}$ Wolfram	596,5

Kiesel	277,4
2 Bor	271,9

Diese Vergleiche liefsen sich leicht vervielfältigen. Ungeachtet diese Zahlen nicht sämmtlich von Berzelius bestimmt oder nachgesehen worden sind, sich also möglicherweise einige ungenaue unter ihnen befinden, kann man dennoch als Thatsache annehmen, dafs viele einfache Körper die wesentliche Bedingung der Isomerie, d. h. die Gleichheit oder Vielfachheit des Atomengewichts, darbieten. Indefs ist es nur eine vage Angabe, die für jetzt zu nichts führt. Ich begreife, dafs Hr. Berzelius sich nicht über diesen Gegenstand aussprechen wollte, wiewohl ihm die Analogie zwischen dem Platin und Iridium einerseits und der Weinstein- und Traubensäure andererseits hat schon sehr auffallend seyn müssen. Gleiches Atomengewicht, Isomorphie, analoge chemische Eigenschaften, gleiches Vorkommen, nichts fehlt daran. Kobalt und Nickel, Molybdän und Wolfram, Kiesel und Bor, Tellur und Schwefel, bieten ebenfalls sehr anziehende Vergleiche dar.

XI. *Unterscheidung der Isomerie von analogen Zuständen;*
von J. J. Berzelius.

(Aus dessen Jahresbericht, No. 12 S. 65, des Originals.)

Die Ideen, welche ich im vorigen Jahresberichte (No. 11 S. 44 der Uebersetzung); (auch bei Gelegenheit der Arbeit über die Traubensäure in dies. Ann. Bd. XIX S. 326) ausgesprochen habe in Betreff der Körper von ungleichen Eigenschaften, aber gleicher chemischer Zusammensetzung, d. h. der isomerischen Körper, haben nicht ermangelt eine ausführlichere Anwendung zu finden, die noch mit jedem Tage erweitert wird. Indefs, um nicht die Erscheinung mit andern nicht ganz gleicher Art zu verwechseln ist es nöthig, den Begriff des Wortes *Isomerie* wohl festzusetzen. Ich habe angeführt, dafs ich hierunter Körper verstehe, die aus einer gleichen absoluten und relativen Anzahl von Atomen derselben Elemente zusammengesetzt sind und gleiches Atomengewicht besitzen, z. B. die beiden Zinnoxyde, die beiden Phosphorsäuren u. s. w.

Hiemit mufs nicht der Fall verwechselt werden, wo zwar die relative Atomenanzahl, aber nicht die absolute gleich ist. So z. B. ist die relative Atomenzahl des Kohlenstoffs und Wasserstoffs im ölbildenden Gase und im Weinöl ganz gleich (nämlich die Zahl der Wasserstoffatome in beiden doppelt so grofs, als die der Kohlenstoffatome); allein in einem Atom des Gases sind blofs ein Atom Kohle und zwei Atome Wasserstoff enthalten (CH^2), dagegen in einem Atom Weinöl 4 Atome Kohle und 8 Atome Wasserstoff (C^4H^8). Um diese Art von Gleichheit in der Zusammensetzung, bei Ungleichheit in den Eigenschaften, zu bezeichnen, will ich für

für solche Körper den Namen *polymerisch* (von πολυς) vorschlagen.

Es giebt indefs noch einen andern Zustand, in welchem die Körper im eigentlichen Sinne des Worts isomerisch seyn, d. h. dieselbe absolute und relative Anzahl von Atomen derselben Elemente enthalten können, ohne indefs vollkommen einerlei zu seyn. Ein solcher Fall tritt ein, wenn Körper aus zwei zusammengesetzten Atomen erster Ordnung bestehen, welche sich auf ungleiche Weise umlagern und deshalb ungleiche Körper bilden können. So z. B. haben schwefelsaures Zinnoxydul, $\dot{Sn}\dddot{S}$, und basisch schwefligsaures Zinnoxyd, $\ddot{Sn}\ddot{S}$, gleiche absolute und relative Anzahl von Atomen der nämlichen Elemente, müssen aber doch (im Fall das letztere Salz wirklich existirt, was ich nicht weifs) als dieselben Körper betrachtet werden. Bei solchen kann es geschehen, dafs, nachdem sie eine Zeit lang existirt oder eine Temperaturänderung erlitten haben, eine Versetzung der Bestandtheile in ihnen vorgeht, ohne dafs etwas hinzukommt oder fortgeht; dabei erhalten sie eine andere Beschaffenheit, und nicht selten ist der Vorgang von einer Temperaturerhöhung begleitet. Um diesen Fall von der Isomerie bestimmt zu unterscheiden, wollen wir diese Körper *metamerische* nennen (von μετα, in derselben Bedeutung genommen wie in Metamorphose).

Ein ferneres Beispiel hievon liefert das schöne Phänomen bei der Cyanursäure und wasserhaltigen Cyansäure *), welche wechselsweise in einander übergehen, ohne dafs etwas hinzukommt, noch abgeschieden wird, wobei indefs die Cyanursäure von einem zusammengesetzten Atome erster Ordnung, oder von einem Oxyd eines ternären Radicals, sich in ein zusammengesetztes Atom anderer Ordnung, nämlich in Cyansäure mit chemisch gebundenem Wasser verwandelt.

Dagegen will ich, wenigstens bis weiteres, annehmen,

*) Siehe diese Annal. Bd. XX S. 382.

dafs der weifse Körper, in welchen sich die wasserhaltige Cyansäure verwandelt *), und die Cyanursäure isomerische Oxyde desselben Radicals sind. Ich glaube, dafs diese Unterscheidungen nicht ohne Wichtigkeit für die richtige Auffassung der Erscheinungen sind, und betrachte die von μερος abgeleitete gemeinschaftliche Benennung als eine nicht unzweckmäfsige Erinnerung an den generischen Zusammenhang dieser speciellen Phänomene.

XII. *Ueber eine isomerische Modification der Weinsäure;*

von Hrn. Braconnot.

(*Annal. de chim. et de phys. T. XLVIII p.* 299.)

Die Weinstein- und Traubensäure haben, wie man weifs, das erste wohl erwiesene Beispiel von Isomerie dargeboten. Die einsichtsvollen Beobachtungen des Hrn. Dumas über diese aufserordentliche Erscheinung haben mich an eine hiemit in Beziehung stehende Thatsache erinnert, die ich vor längerer Zeit bei der Weinsteinsäure zu beobachten Gelegenheit fand.

4 Grm. dieser Säure auf kurze Zeit (*un instant*) einer lebhaften Hitze ausgesetzt, geriethen unter Aufschwellen in Flufs, und hinterliefsen nach dem Erkalten eine trockne gelbliche, wie Gummi durchscheinende Masse, welche 3,65 Grm. wog. In der Wärme wurde diese Masse weich und sehr zähe, so dafs man sie in Fäden so dünn wie Pferdehaare ziehen konnte.

Diese schnelle Umwandlung, welche an die Dimorphie des Schwefels erinnert, deutet auf eine neue Anordnung der Molecüle, oder auf einen Uebergang aus

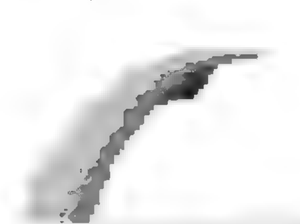
*) Annal. Bd. XX S. 390.

Digitized by Google

einer isomerischen Modification in eine andere. In der That hat die Weinsteinsäure, welche so der Wirkung der Wärme ausgesetzt war, nicht mehr dieselben Eigenschaften wie vorhin. Sie ist unkrystallisirbar, und stellt einen dicken klebrigen Schleim dar, der die Feuchtigkeit an der Luft anzieht.

Löst man sie in heifsem Wasser und schüttet nach und nach kohlensauren Kalk hinein, um sie zu sättigen, so bildet sich nicht, wie mit der gewöhnlichen Weinsteinsäure, ein sandiger Niederschlag von krystallisirtem weinsteinsauren Kalk, sondern die Flüssigkeit trübt sich nach und nach beim Erkalten zu einer schleimigen, durchscheinenden, geschmacklosen und zwischen den Fingern wie Terpenthin fadenziehenden Masse ab. Getrocknet ist dieses Kalksalz durchscheinend, unveränderlich an der Luft und dem Mimosengummi ähnlich. In Wasser oder verdünnter Essigsäure erhitzt, wird es abermals flüssig, dabei seine ursprüngliche klebrige und zähe Consistenz wieder annehmend, ohne sich merklich aufzulösen; allein ein Ueberschufs seiner Säure löst ihn wieder, vor allem bei Erwärmung, und beim Abdampfen der Flüssigkeit zur Trockne bleibt eine säuerliche, bröcklige, wie Firnifs durchscheinende, an der Luft unveränderliche Verbindung, welche, wenn man sie einige Zeit in kaltem Wasser liegen läfst, eine Molecular-Bewegung zu erleiden scheint, durch welche die Weinsteinsäure wieder in ihren anfänglichen Zustand versetzt wird; denn dann setzt sich ein sandiger Niederschlag von gewöhnlichem weinsteinsauren Kalk ab.

Die durch die Wärme modificirte Weinsteinsäure löst auch Magnesia auf und giebt damit eine bittere Flüssigkeit, welche nach ihrer Eindampfung einen firnifsartigen Ueberzug zurückläfst. Die krystallisirte Weinsteinsäure verhält sich zu dieser Erde ganz anders; denn sie fällt dieselbe bekanntlich zu einem weifsen, schwer in Wasser löslichen Pulver.



Mit Natron gesättigt, giebt die modificirte Säure eine schleimige, unkrystallisirte Verbindung, welche Feuchtigkeit anzieht.

Mit Kali erhält man ein ähnliches Resultat. Setzt man zu dieser letzteren Verbindung einen Ueberschufs von Säure, so bildet sich ein weifser, sehr zertheilter Niederschlag, der eben so schwerlöslich als Weinstein ist, aber nicht so körnig wie dieser aussieht. Bei Wiederauflösung in Wasser giebt er weifse opake Blättchen, in welchen man kaum Rudimente von Krystallen entdeckt. Uebrigens liefert dieses saure Salz beim Sättigen mit Natron eine dem Seignette-Salz analoge krystallinische Verbindung.

Wiewohl die erhitzt gewesene Weinsäure kein Körper von recht dauerhafter Isomerie ist, so zeigt sie doch wenigstens eine merkwürdige Neigung zu diesem Zustand.

Zusatz. Zu der eben mitgetheilten Erfahrung Braconnot's bemerkt Berzelius in seinem 12. Jahresbericht, S. 208 d. Or., folgendes. Bei einer Untersuchung über das relative Verhalten der Weinstein- und der Traubensäure bei der trocknen Destillation, eine Untersuchung, welche ich anfing, aber nicht vollenden konnte, habe ich ganz denselben Körper, dessen Braconnot erwähnt, erhalten, jedoch mit einigen andern Eigenschaften, z. B. schwoll er im Wasser auf, ohne sich mit der Zeit zu lösen. Da er aber einmal aufgelöst war, versetzte ich ihn, um die unzerlegte Weinsteinsäure abzuscheiden, mit Kali, und liefs den Cremor Tartari anschiefsen. Da ich nicht Mufse hatte, mich sogleich damit zu beschäftigen, liefs ich das Ganze einige Zeit stehen, wo ich dann die Masse, dem Ansehen nach, ganz in Cremor Tartari verwandelt fand.

Es ist möglich, dafs das hier erwähnte Verhalten Analogie hat mit dem der Phosphorsäure. Es darf indefs nicht ganz analog mit dem Verhalten zwischen der

Digitized by Google

Weinsäure und Traubensäure angesehen werden, und verdient aus diesem Gesichtspunkt die gröfste Aufmerksamkeit *).

XIII. *Untersuchungen über das Radical der Benzoësäure;*
von Wöhler und Liebig.

Wenn es gelingt, in dem dunkeln Gebiete der organischen Natur auf einen lichten Punkt zu treffen, der uns wie einer der Eingänge erscheint, durch die wir vielleicht auf die wahren Wege zur Erforschung und Erkennung dieses Gebietes gelangen können, so hat man immer Ursache sich Glück zu wünschen, selbst wenn man sich der Unerschöpftheit des vorgesetzten Gegenstandes bewufst ist. Auch möchten wohl hier, wo Vorarbeiten und Materialien noch so wenig Hülfe darbieten, umfassende und durchgreifende Arbeiten gegenwärtig noch nicht zu erwarten seyn. Unter solchem Gesichtspunkte möge man die nachfolgenden Versuche betrachten, welche, was ihre Ausdehnung und ihren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen betrifft, noch ein weites, fruchtbares Feld zu bebauen übrig lassen.

Die Substanz, welche den Ausgangspunkt zu dieser Arbeit bildete, ist das flüchtige Oel der bittern Mandeln, ausgezeichnet vor anderen ähnlichen Körpern durch die, zuerst von Stange richtig erforschte, Eigenschaft, sich sehr bald an der Luft, unter Sauerstoff-Aufnahme, in eine Säure, in Benzoësäure, zu verwandeln, welche schon an sich durch die Art, wie sie aus den anscheinend verschiedensten Körpern zu entstehen vermag, uns in hohem Grade das Interesse in Anspruch zu nehmen schien. Eine andere Eigenthümlichkeit, wodurch dieses Oel schon längst

*) Gleiches möchte wohl von der Angabe Braconnot's (*Ann.*

Digitized by Google

die Aufmerksamkeit der Chemiker und Pharmaceuten auf sich zog, ist sein Gehalt an Blausäure, deren Anwesenheit mit der Natur desselben in gewisser Beziehung zu stehen schien. Unter den vielen Untersuchungen, zu welchen diese Eigenthümlichkeiten schon Veranlassung gaben, erwähnen wir nur die neuste, von Robiquet und Boutron-Charlard *). Als eine der bemerkenswerthesten Thatsachen führen sie in ihrer Abhandlung die Beobachtung an, daſs das flüchtige Bittermandelöl als Ganzes nur seinen Bestandtheilen nach in den Mandeln enthalten sey, und erst durch die Mitwirkung von Wasser auf diese Bestandtheile daraus hervorzugehen scheine. Denn bei Anwendung von Alkohol verschwinde es ganz unter den Händen, und sey überhaupt alsdann nicht mehr aus den Mandeln darzustellen. An dessen Stelle aber erhielten sie einen, früher noch nicht bekannt gewesenen, krystallisirbaren Körper, das *Amygdalin*, welches ihnen die einzige Ursache des eigenthümlich bittern Geschmacks der bitteren Mandeln und eines der zusammengesetzten Elemente des flüchtigen Bittermandelöls zu seyn schien **).

de ch. et de ph. T. XLVI p. 206) gelten, daſs die sublimirte Gallussäure von der auf nassem Wege bereiteten und mit Thierkohle gereinigten wesentlich verschieden sey. Er nennt die erste Pyro-Gallussäure, und führt als Haupteigenschaften derselben an: 1) daſs sie sich bei 13° C. schon in 2,25 Th. Wasser löse; 2) daſs sie vom schwefelsauren Eisenoxyd, unter Entstehung von Schwefelsäure und schwefelsaurem Eisenoxydul, in einen in Alkohol löslichen, Leim fällenden Gerbestoff umgewandelt werde; 3) daſs sie schwefelsaures Eisenoxydul schwarzblau färbe, und 4) salpetersaures Silberoxyd und Quecksilberoxydul augenblicklich reducire. Die gewöhnliche Gallussäure dagegen löst sich bei 13° R. erst in 100 Wasser, färbt und fällt Eisenoxydsalze schwarzblau, Eisenoxydulsalze und salpetersaures Silberoxyd aber gar nicht, und salpetersaures Quecksilberoxydul erst brandgelb und hernach schmutziggrün.

*) Diese Annal. Bd. XX S. 494.

**) In derselben Abhandlung haben die HH. Robiquet und Bou-

Digitized by Google

Diesen Punkt, nämlich die Erörterung der Frage, ob dieses Oel in den Mandeln gebildet enthalten sey, oder ob es erst in Folge des Darstellungsprocesses aus gewissen Bestandtheilen derselben erzeugt werde, — eine nähere Untersuchung über das Amygdalin und seinen Zusammenhang mit der supponirten Erzeugung des Oels — haben wir aufser dem Bereiche der vorliegenden Untersuchung lassen müssen. Die Aufklärung dieses Punktes mufs der Gegenstand besonderer Versuche werden. Zur Feststellung dieses Standpunktes, von dem aus unsere Untersuchung angestellt wurde, schicken wir die allgemeine Bemerkung voraus, dafs wir zufolge unserer Versuche zu der Annahme gelangt sind, dafs es eine, in ihrem Verhalten gegen andere Agentien sich stets gleichbleibende, aus drei Elementen zusammengesetzte Verbindung giebt, welche wir nicht allein als das Radical der Benzoësäure, sondern zugleich als den, vielleicht am wenigsten wechselnden Grundstoff einer Menge ähnlicher Verbindungen betrachten zu können glauben.

tron-Charlard ihre Ueberzeugung von der Präexistenz der Benzoësäure in der Hippursäure ausgesprochen; der Hauptgrund, worauf sie sich stützen, ist aber ein ganz in die Augen fallender Druckfehler in den *Annales de chimie*, *T. XLIII p.* 197, anstatt nämlich zu sagen: *Si l'on cesse de chauffer au moment même qu'on sent les vapeurs sulfureuses qu'on méle la masse noire avec de l'eau et qu'on la fasse bouillir avec de la chaux, l'acide hydrochlorique en separe ensuite de lacide benzoique*, mufs es heifsen: *n'en separe point ensuite de l'acide benzoique.*

Der Schlufs, so wie er aus der nicht berichtigten Phrase gezogen ist, ist an und für sich widersinnig; diefs allein schon hätte Zweifel an der Richtigkeit des Satzes erregen können, den das Nachschlagen der deutschen Abhandlung (Ann. Bd. XVII. S. 398) bestätigt haben würde.

Bittermandelöl.

Das rohe Oel, welches uns als Material zu unseren Versuchen diente, besafs eine schwach gelbliche Farbe; den bekannten eigenthümlichen Geruch, und erwies sich nach allen übrigen Reactionen und Verhältnissen als ein völlig reines Product. Wir verdanken es der Freundschaft des Hrn. Pelouze.

Mit Alkali, Eisensalz und Säure behandelt, verräth dieses Oel einen starken Gehalt an Blausäure. Für sich oder in Berührung mit Kali der Luft ausgesetzt, verwandelt es sich leicht in Benzoësäure.

Da wir bald zur Ueberzeugung gelangt waren, dafs der Blausäure-Gehalt mit der Bildung der Benzoësäure in keiner Beziehung stehe, so bestrebten wir uns zunächst, ein reines, von Benzoësäure, Blausäure und Wasser freies Oel darzustellen. Diese Absicht wurde auf folgende Weise vollständig erreicht.

Das rohe Oel wurde mit Kalkhydrat und einer Auflösung von Eisenchlorür durch starkes Schütteln sorgfältig gemengt und der Destillation unterworfen. Mit dem Wasser ging alles Oel, und zwar vollkommen frei von Blausäure, über. Vermittelst einer Pipette wurde es vom Wasser geschieden, und nun über frisch gebrannten, gepulverten Kalk in einem ausgetrockneten Apparate von Neuem rectificirt.

Das auf diese Weise gewonnene reine, von Blausäure, Benzoësäure und Wasser freie Oel ist vollkommen farblos, dünnflüssig und besitzt eine grofse Lichtbrechungskraft; sein Geruch ist von dem des rohen Oels wenig verschieden; sein Geschmack ist brennend, aromatisch. Es ist schwerer als Wasser, sein spec. Gewicht ist 1,043. Sein Siedepunkt ist so hoch, dafs er sich mit unseren Thermometern, die nicht über 130° gingen, nicht bestimmen liefs. Es ist leicht entzündlich und verbrennt mit einer leuchtenden rufsenden Flamme.

Digitized by Google

Durch eine glühende Glasröhre getrieben, bleibt es unzersetzt.

An der Luft, in *feuchtem* oder in *trocknem* Sauerstoffgas, verwandelt es sich vollständig in krystallisirte Benzoësäure. Im Sonnenlicht wird diese Umwandlung auffallend beschleunigt, sie beginnt dann schon in wenigen Augenblicken. Dieselbe Veränderung geht an der Luft bei Gegenwart von Wasser und einem Alkali vor sich, unter Bildung von benzoësaurem Kali. Werden diese Versuche in einer Glasröhre gemacht, welche mit Quecksilber gesperrt ist, so sieht man an dem Steigen des Quecksilbers, daſs eine Sauerstoffabsorption stattfindet.

Bei dieser Verwandlung des Oels in Benzoësäure wird auſser dieser Säure kein dritter Körper gebildet.

Die Art seiner Reinigung zeigt schon, daſs es durch wasserfreie Alkalien nicht zerlegt oder verändert wird; zu den Hydraten der Alkalien aber verhält es sich anders. Mit festem Kalihydrat, ohne Zutritt der Luft, zusammen erhitzt, bildet sich benzoësaures Kali, und es entwickelt sich reines Wasserstoffgas.

Bringt man das Oel in eine Auflösung von Kalihydrat in Alkohol, oder in absolutem Alkohol, der mit Ammoniakgas gesättigt ist, so löst es sich sogleich auf, und es entsteht auch bei vollkommen abgehaltener Luft ein benzoësaures Salz, welches sich bei Anwendung von Kali sehr bald in groſsen glänzenden Krystallblättern abzusetzen anfängt. Bei Zusatz von Wasser, welches das Salz auflöst, scheidet sich ein ölartiger Körper ab, der kein Bittermandelöl mehr ist.

In concentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure ist das reine Bittermandelöl ohne Veränderung löslich. Beim Erhitzen wird die letztere Auflösung purpurroth, und alsdann schwarz unter Entwicklung von schwefliger Säure.

Durch die Einwirkung des Chlors und Broms ent-

Digitized by Google

stehen daraus neue Verbindungen, deren Beschreibung einen anderen Theil dieser Arbeit ausmacht.

Die Zusammensetzung dieses reinen Oels wurde auf gewöhnliche Weise durch Verbrennung mit Kupferoxyd ausgemittelt. Zur Entfernung der hygroskopischen Feuchtigkeit im Kupferoxyd haben wir bei allen unseren Analysen eine kleine Luftpumpe angewendet, die Gay-Lussac erfunden hat. Da sie von ihm selbst noch nicht beschrieben worden ist, so halten wir es für angemessen, eine Zeichnung von derselben beizufügen; denn unstreitig kann dieses Instrument durch seine Bequemlichkeit in der Anwendung und durch die Sicherheit, welche es in die Wasserstoff-Bestimmungen bringt, als eine der wichtigsten Verbesserungen gelten, womit die organische Analyse bereichert worden ist.

Fig. 2 Taf. VII ist die Pumpe an sich, im Drittel der natürlichen Gröfse; sie ist mit gewöhnlichen Blasenventilen versehen, und endigt unten in eine starke Schraube zum Festschrauben beim Gebrauche.

Fig. 3 zeigt die Pumpe in Verbindung mit der auszutrocknenden Verbrennungsröhre *a*, welche vermittelst eines wohl schliefsenden Korks mit einer langen Chlorcalcium-Röhre *b* verbunden ist. Diese ist durch eine Kautschuckröhre an die Pumpe befestigt. An beiden Enden ist vor das Chlorcalcium etwas Baumwolle gesteckt.

c ist eine etwa 30 Zoll lange Glasröhre, oben mittelst eines kurzen, weiten Röhrenstücks an die Pumpe befestigt und unten in Quecksilber tauchend. Sie hat keinen anderen Zweck, als sich durch das Steigen des Quecksilbers zu versichern, dafs alle Kautschuck- und Kork-Verbindungen richtig schliefsen, und wird entfernt, sobald die Pumpe in Thätigkeit gesetzt wird. Man kann sie selbst ganz entbehren, indem man, nach einiger Uebung, schon aus der Heftigkeit, womit nach geschehener Auspumpung beim Oeffnen des Hahnes *d* die Luft eindringt, das vollkommene Schliefsen aller Verbindungen beurtheilen kann.

Digitized by Google

e ist ein auf den Tisch geschraubter, starker hölzerner Fufs, auf welchem die Pumpe mit ihrer Schraube befestigt ist.

Bei dem Auspumpen der Verbrennungsröhre geht mit der Luft zugleich die in dem Kupferoxyd-Gemenge enthaltene Feuchtigkeit hinweg, von welcher nach und nach die letzte Spur entfernt wird, indem man durch wiederholtes Auspumpen und Oeffnen des Hahnes *d* durch das Chlorcalcium getrocknete Luft wieder zuläfst.

Es ist einleuchtend, dafs man bei Substanzen, bei denen man durch Wärme keinen Verlust zu befürchten hat, die Austreibung der Feuchtigkeit sehr befördern kann, wenn man die Verbrennungsröhre in ein Blechrohr mit heifsem Wasser steckt *).

Diese kleine Luftpumpe gewährt noch einen anderen Vortheil, der uns bei diesen Analysen sehr zu statten kam. Das Oel und die anderen Flüssigkeiten, welche der Analyse unterworfen wurden, besitzen einen so hohen Siedepunkt, dafs die kleine damit angefüllte Kugel erst dann von dem letzten Antheil Flüssigkeit entleert wird, wenn dieser Theil der Röhre fast zu glühen anfängt. Dadurch geschieht es nun häufig, dafs die Gasentwicklung plötzlich so heftig eintritt, dafs etwas Kupferoxyd in das Chlorcalcium geschleudert, und dadurch wenigstens die Wasserstoff-Bestimmung unbrauchbar wird. Diesem Uebelstande begegnet man nun auf's Vollständigste dadurch, dafs man die mit der Flüssigkeit gefüllten kleinen Kugeln, mit der offenen Spitze nach dem verschlossenen Ende der Verbrennungsröhre zugekehrt, mit

*) Mit grofser Bequemlichkeit kann diese Pumpe auch überhaupt zum Austrocknen von Substanzen dienen, die nur eine Austrocknung im luftleeren Raum bei gewöhnlicher oder nur bei sehr gelinde erhöhter Temperatur vertragen. Statt der Verbrennungsröhre braucht man nur eine kurze, unten zugeschmolzene Röhre oder ein kleines Glaskölbchen anzustecken, in welche die zu trocknende Substanz gelegt wird.

Digitized by Google

Kupferoxyd schichtweise einlegt und alsdann die Röhre auspumpt. Die kleine Blase atmosphärischer Luft in den Kugeln reicht nun hin, um alle darin enthaltene Flüssigkeit auszutreiben, besonders wenn die Verbrennungsröhre in eine mehr verticale Richtung gebracht und das Auspumpen wiederholt wird. Bei sehr flüchtigen Substanzen ist diese Manipulation durchaus überflüssig, um nicht zu sagen der Genauigkeit des Resultats nachtheilig.

Wir kommen zu dem reinen Bittermandelöl zurück. Mit diesen Vorsichtsmafsregeln verbrannt, lieferten:

I.	0,386 Grm.	=1,109	Kohlensäure und	0,200	Wasser
II.	0,341 -	=0,982	- -	0,175	-

Für 100 Th. giebt diefs folgende Zusammensetzung:

	I.	II.
Kohlenstoff	79,438	79,603
Wasserstoff	5,756	5,734
Sauerstoff	14,808	14,668.

Berechnet man diese Verhältnisse auf Volumtheile, so erhält man:

14 At.	Kohlenstoff	1070,118	79,56
12 -	Wasserstoff	74,877	5,56
2 -	Sauerstoff	200,000	14,88
		1344,995	100.

Nach der Zusammensetzung dieses Körpers ist die Entstehung der Benzoësäure durch eine blofse Sauerstoff-Aufnahme durchaus unerklärlich, da sich nämlich bei dieser Umwandlung keine anderen Producte nachweisen lassen. Bekanntlich enthält die Benzoësäure, nach der Analyse von Berzelius, 15 At. Kohlenstoff, 12 Wasserstoff und 3 Sauerstoff. Dieser Umstand veranlafste uns, die Analyse der krystallisirten und der an Basen gebundenen Benzoësäure zu wiederholen.

Digitized by Google

Analyse der Benzoësäure.

Zu dieser Analyse haben wir nicht nur die gewöhnliche Benzoësäure aus dem Harze genommen, sondern wir haben auch eine Portion eigends zu diesem Zweck aus dem Oel dargestellt. In beiden Fällen überzeugten wir uns von ihrer vollkommenen Reinheit. Die Säure wurde geschmolzen, gewogen und in Stücken in die Verbrennungsröhre gebracht, diese alsdann bis zum Schmelzen der Säure erwärmt, und in der halben Länge der Röhre gleichförmig auf den Wänden derselben vertheilt. Sie wurde hierauf mit noch warmem Kupferoxyd gefüllt, nochmals vor die Luftpumpe gebracht, und alsdann die Verbrennung vor sich genommen, welche bei dieser sehr flüchtigen Substanz nur sehr langsam vor sich gehen darf.

			Kohlensäure.	Wasser.
I.	0,523	Grm. Säure lieferten	1,308	0,238
II.	0,522	- - -	1,302	—
III.	0,305	- - -	0,760	0,136.

Nach diesen Resultaten berechnet, lieferten diese Analysen für 100 Theile:

	I.	II.	III.
Kohlenstoff	69,155	68,970	68,902
Wasserstoff	5,050	Wasser ging verloren	5,000
Sauerstoff	25,795		26,098.

Diese Zahlen, auf Atome berechnet, geben als theoretische Zusammensetzung:

14	At. Kohlenstoff	107,0118	69,25
12	- Wasserstoff	7,4877	4,86
4	- Sauerstoff	40,0000	25,89
		154,4995	100,00.

Die Abweichung der hier angeführten Zusammensetzung der krystallisirten Benzoësäure von dem Resultate, welches Berzelius durch die Analyse des ben-

Digitized by Google

zoësauren Bleioxyds gefunden hat, flöfste uns anfänglich gerechtes Mifstrauen gegen unsere eigenen Analysen ein. Bei näherer Betrachtung mufste es sich indessen bald ergeben, dafs der Unterschied zwischen beiden Analysen in der Zusammensetzung des von **Berzelius** analysirten Salzes zu suchen sey. Wir unternahmen daher auch eine Analyse der an Basen gebundenen Benzoësäure, und wählten dazu das benzoësaure Silberoxyd, wegen der Leichtigkeit, womit sich dieses Salz rein und krystallisirt darstellen läfst, und weil das Silberoxyd wenig Neigung hat, basische Verbindungen zu bilden.

Neutrales salpetersaures Silberoxyd, mit einem aufgelösten benzoësauren Alkali vermischt, giebt einen dikken, weifsen Niederschlag, der beim Erwärmen mit Wasser etwas krystallinisch wird, und sich in einer gröfseren Menge kochenden Wassers vollkommen auflöst. Beim Erkalten der Auflösung setzt sich das benzoësaure Silberoxyd in langen, glänzenden Krystallblättchen ab, welche beim Trocknen unter der Luftpumpe ihren Glanz nicht verlieren und nicht an Gewicht abnehmen.

Beim Erhitzen in einem kleinen Porcellantiegel schmilzt dieses Salz, bläht sich auf, und hinterläfst nach Verbrennung der abgesetzten Kohle sehr weifses, metallisches Silber. Auf diese Weise bestimmten wir das Atomgewicht der Säure.

I. 0,391 Grm. benzoësaures Silberoxyd hinterliefsen 0,181 metallisches Silber

II. 0,436 desgl. gaben 0,205

Nach diesen Analysen berechnet sich die Zusammensetzung des Salzes zu:

	I	II.
Silberoxyd	50,56	50,52
Benzoësäure	49,44	49,38.

Und das Atomgewicht der Säure, als Mittel beider Analysen, ist 142,039.

Digitized by Google

Wir unterwarfen sodann das Silbersalz der Verbrennung mit Kupferoxyd, und erhielten von 0,600 Grm. Salz 0,797 Grm. Kohlensäure und 0,122 Wasser.

Nach diesen Zahlen die Zusammensetzung der an Silberoxyd gebundenen Säure berechnet, giebt für 100 Theile:

Kohlenstoff	74,378
Wasserstoff	4,567
Sauerstoff	21,055.

Nach dem gefundenen Atomgewicht berechnet, erhält man:

14	At.	Kohlenstoff	107,0118	74,43
10	-	Wasserstoff	6,2397	4,34
3	-	Sauerstoff	30,0000	21,23
			143,2515	100,00.

Bei Vergleichung der Analyse der krystallisirten mit der an Silberoxyd gebundenen Benzoësäure fällt es sogleich in die Augen, dafs sich beide darin von einander unterscheiden, dafs die erstere 1 Atom Wasser enthält, welches in der letzteren fehlt.

In diesem Wassergehalt liegt nun auch der einzige Unterschied zwischen der Analyse von Berzelius und der unsrigen. Denn sowohl aus dem von Berzelius gefundenen Atomgewicht, als aus dem Verhalten des Bleisalzes geht hervor, dafs das Bleioxyd bei seiner Vereinigung mit der Benzoësäure das Wasser in derselben nicht abscheidet, sondern dafs dieses in die Zusammensetzung des Salzes mit eingeht. Beim Erwärmen verliert dasselbe einen Theil seiner Säure, und zwar als krystallisirte Säure, welche, wie wir so eben sahen, 1 At. Wasser enthält.

Zieht man in der That von dem Atomgewicht der Benzoësäure, so wie es von Berzelius aus dem Bleisalz erhalten worden ist, nämlich 152,1423
1 At. Wasser ab . . . . = 11,2479

so erhält man für das Atomgewicht der wasfreien Säure 140,8944

was mit dem von uns aus dem Silbersalz abgeleiteten zusammenfällt.

Berechnet man ferner nach diesem berichtigten Atomgewicht den Kohlenstoff- und Wasserstoff-Gehalt von Berzelius Analyse, so erhält man ebenfalls 14 At. Kohlenstoff und 10 At. Wasserstoff.

Diese Vergleichungen möchten wohl hinreichen, über die wahre Zusammensetzung der Benzoësäure jeden Zweifel zu heben; und der Angabe von Dumas, dafs die Benzoësäure Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnifs wie im Wasser enthalte *), mag wohl ein Irrthum zu Grunde liegen, den er selbst ohne Zweifel bald auffinden wird.

Indem wir nach dieser Ablenkung auf die Betrachtung des Bittermandelöls und seiner Umwandlung in krystallisirte Benzoësäure zurückkommen, finden wir nun diese Erscheinung leicht zu erklären. Diese Säure entsteht daraus durch ganz einfache Oxydation; das Oel nimmt nämlich an der Luft oder im Sauerstoffgas 2 At. dieses Elements auf.

Die Bildung von benzoësaurem Kali aus dem Oel, wenn dieses ohne Luftzutritt mit Kalihydrat erhitzt wird, ist demnach durch eine Wasserzersetzung bedingt, wobei das Oel aus dem Wasser des Hydrats 1 At. Sauerstoff aufnimmt, während der Wasserstoff als Gas entweicht.

Wir haben ferner erwähnt, dafs das Oel mit einer Auflösung von Kali in Alkohol ebenfalls ohne Luftzutritt benzoësaures Alkali bildet, und dafs sich alsdann durch Wasserzusatz aus dem Alkohol ein ölartiger Körper von anderen Eigenschaften abscheide. Wiewohl wir dieses neue Product nicht näher untersucht haben, so möchte es doch keinem Zweifel unterworfen seyn, dafs dasselbe, im Fall die Bestandtheile des Alkohols nicht in seine Zusammensetzung eingehen, entweder durch Theilung des Sauer-

*) *Annales de chim. et de phys. T. XLVII p.* 202.

Digitized by Google

Sauerstoffs in dem Bittermandelöl, oder durch eine Wasserzerlegung entstanden ist. Im ersteren Fall wäre es nach der Formel $C^{14}H^{12}O$, in dem letzteren nach der Formel $C^{14}H^{14}O^{2}$ zusammengesetzt.

Nach Feststellung dieser Thatsachen und mit Berücksichtigung der weiter unten noch anzuführenden Verbindungsverhältnisse des Bittermandelöls, halten wir es für natürlich, dasselbe in seinem reinen Zustande als eine Wasserstoff-Verbindung zu betrachten, worin das Radical der Benzoësäure, statt wie in dieser mit Sauerstoff, mit 2 Atomen Wasserstoff verbunden ist. Dieses, bis jetzt für sich noch nicht dargestellte Radical ist aus $C^{14}H^{10}O^{2}$ zusammengesetzt. Wir nennen es *Benzoyl* (die Endung von ὑλη, Stoff, Materie). Die consequente Benennung für das reine Bittermandelöl würde demnach *Benzoylwasserstoff*, und die für die Benzoësäure *Benzoylsäure* seyn. Wir werden aber natürlicherweise die alten Namen Bittermandelöl und Benzoësäure in allen den Fällen beibehalten, wo nicht von theoretischen Auseinandersetzungen die Rede ist. Man wird sehen, wie leicht und consequent sich nach dieser Betrachtungsweise die übrigen Verhältnisse, zu denen wir nun übergehen, umfassen und übersehen lassen.

Chlorbenzoyl.

Wenn man durch das reine Bittermandelöl (Benzoylwasserstoff) trocknes Chlorgas leitet, so wird dasselbe unter starker Erhitzung davon absorbirt, und es entwickelt sich Chlorwasserstoffsäure, aber sonst kein anderes Product, welches auf eine anderweitige Zersetzung schliefsen liefse. Sobald die Bildung von Chlorwasserstoff nachzulassen anfängt, färbt sich die Flüssigkeit durch Auflösung von Chlorgas gelb; allein der Ueberschufs dieses Gases wird durch Kochen unverändert wieder ausgetrie-

Digitized by Google

ben. Wird die Flüssigkeit, während das Chlorgas noch hindurchstreicht, zuletzt bis zum Kochen erhitzt, und ist auch alsdann keine Salzsäurebildung mehr wahrzunehmen, so hat man die neue Verbindung vollkommen rein. Sie ist das Chlorbenzoyl.

Das Chlorbenzoyl ist eine wasserklare Flüssigkeit von 1,196 spec. Gewicht. Es besitzt einen eigenthümlichen, höchst durchdringenden, besonders die Augen stark angreifenden Geruch, welcher sehr an den scharfen Geruch des Meerrettigs erinnert. Sein Siedepunkt ist sehr hoch. Es läfst sich entzünden, und brennt mit leuchtender, stark rufsender und grün gesäumter Flamme.

Im Wasser sinkt es als ein Oel unter, ohne sich darin aufzulösen. Erst nach einiger Zeit, oder sehr bald beim Kochen, zersetzt es sich damit vollständig in krystallisirte Benzoësäure und Chlorwasserstoffsäure. Dieselbe Zersetzung erleidet es, wenn es längere Zeit der feuchten Luft ausgesetzt bleibt. Leitet man Chlorgas durch ein Gemenge von Benzoylwasserstoff in Wasser, so verschwindet das Oel, und das Wasser erstarrt in kurzer Zeit zu einer krystallinischen Masse von Benzoësäure.

Ueber wasserfreien Baryt und Kalk läfst sich das Chlorbenzoyl unverändert abdestilliren.

Mit Alkalien und Wasser erwärmt, bildet das Chlorbenzoyl sogleich ein Chlormetall und ein benzoësaures Alkali.

Bei allen diesen Zersetzungen wird aufser Benzoësäure und Chlorwasserstoffsäure kein dritter Körper gebildet, woraus also klar hervorgeht, dafs in dieser Verbindung Chlor und Benzoyl in dem Verhältnifs enthalten seyn müssen, dafs bei der Theilung in die Bestandtheile des Wassers diese gerade hinreichen, um auf der einen Seite Chlorwasserstoff, und auf der anderen wasserfreie Benzoësäure zu bilden, die im Augenblick ihrer Bildung noch 1 Atom Wasser aufnimmt.

Digitized by Google

Der Benzoylwasserstoff (das Bittermandelöl) besteht aus:

$$(14C+10H+2O)+2H.$$

Durch die Einwirkung des Chlors verbinden sich die 2 Atome Wasserstoff mit 2 At. Chlor zu Chlorwasserstoffsäure, welche weggeht. An die Stelle dieses Wasserstoffs aber treten 2 At. Chlor, nach folgender Formel:

$$(14C+10H+2O)+2Cl.$$

Mit den Bestandtheilen des Wassers zerlegt sich dieser Körper auf die Weise, dafs sich 2 At. Wasserstoff mit den 2 At. Chlor zu Chlorwasserstoffsäure, und der freiwerdende Sauerstoff mit dem Benzoyl zu Benzoësäure vereinigen.

Durch die Analyse des Chlorbenzoyls konnten wir die Richtigkeit dieser Zusammensetzung leicht controliren. Wir lösten diesen Körper in sehr verdünntem Ammoniak auf, übersättigten die Flüssigkeit mit Salpetersäure, und fällten sie mit salpetersaurem Silber.

0,719 Grm. Chlorbenzoyl lieferten 0,712 Grm. Chlorsilber. Diefs giebt für 100 Th. 24,423 Chlor.

Die Verbrennung mit Kupferoxyd zeigte sich nach der gewöhnlichen Art, wobei die Flüssigkeiten, in kleine Kugeln eingeschlossen, in die Verbrennungsröhre gebracht werden, ganz unausführbar, und zwar aus dem schon oben erwähnten Grunde. Alle diese Versuche mifsglückten uns gänzlich, indem jedesmal, selbst bei der vorsichtigsten Erhitzung, der Inhalt der kleinen Kugel, oder die an einer Stelle im Kupferoxyd befindliche Flüssigkeit, auf einmal in Gas verwandelt, und dadurch entweder Kupferoxyd in das Chlorcalcium geschleudert, oder ein Theil der Substanz unverbrannt weggeführt wurde.

Wir sahen uns daher genöthigt, die abgewogene Flüssigkeit tropfenweise mit dem Kupferoxyd zu schichten und darin zu vertheilen; bei einer sehr langsam fortschreitenden Erhitzung der Verbrennungsröhre gelang es

Digitized by Google

dann vollständig, die Verbrennung ohne Schwierigkeit zu beendigen.

0,534 Grm. Chlorbenzoyl lieferten 1,188 Grm. Kohlensäure und 0,180 Grm. Wasser.

Auf 100 Theile berechnet, giebt diese Analyse:

Kohlenstoff	60,83
Wasserstoff	3,74
Sauerstoff	11,01
Chlor	24,42.

Berechnet man diese Zahlen auf Volumtheile, so erhält man als theoretisches Resultat:

14 At.	Kohlenstoff	107,018	60,02
10 -	Wasserstoff	6,239	3,51
2 -	Sauerstoff	20,000	11,55
2 -	Chlor	44,265	24,92
		177,522	100,00.

Die Zahlen, welche die Rechnung giebt, liefern für den Kohlenstoff und Wasserstoff etwas kleinere Mengen, als durch die Analyse erhalten worden sind. Die Ursache hiervon liegt unstreitig darin, dafs bei der Bereitung der Chlorverbindung vielleicht $\frac{1}{1000}$ Bittermandelöl der Verbindung mit Chlor entgangen ist. Auf keinen Fall ist diese Differenz von der Bedeutung, dafs dadurch der Schlufs, zu welchem wir über die wahre Zusammensetzung dieses Körpers gelangt sind, eine Aenderung erleiden könnte.

In Betreff der Eigenschaften des Chlorbenzoyls haben wir noch zu bemerken, dafs es in der Wärme Phosphor und Schwefel auflöst, die sich nach dem Erkalten krystallinisch wieder daraus abscheiden. Mit Schwefelkohlenstoff läfst es sich in allen Verhältnissen vermischen, wie es scheint ohne Zersetzung. Mit festem Chlorphosphor erhitzt es sich stark unter Bildung von flüssigem Chlorphosphor und einem sehr heftig riechenden, ölartigen Körper, den wir nicht weiter untersucht haben.

Digitized by Google

Das sehr merkwürdige Verhalten des Chlorbenzoyls zu trocknem Ammoniakgas und seine Zersetzung mit Alkohol werden wir nachher noch in besonderen Abschnitten aus einander setzen.

Wenn man das Chlorbenzoyl mit Brom-, Jod-, Schwefel- oder Cyan-Metallen behandelt, so erfolgt ein Austausch der Bestandtheile, in der Art, daſs sich auf der einen Seite ein Chlormetall, und auf der andern eine Verbindung von Benzoyl mit Brom, Jod, Schwefel oder Cyan erzeugt, die dem Chlorbenzoyl proportional zusammengesetzt ist.

Brombenzoyl.

Diese Verbindung entsteht unmittelbar durch Vermischen des Benzoylwasserstoffs (Bittermandelöls) mit Brom. Das Gemische erwärmt sich von selbst und stöſst dicke Dämpfe von Bromwasserstoffsäure aus. Durch ferneres Erhitzen treibt man diese, so wie das überschüssige Brom, gänzlich aus.

Das Brombenzoyl ist eine weiche, bei gewöhnlicher Temperatur fast halbflüssige, groſsblättrig krystallinische Masse von bräunlicher Farbe. Es schmilzt schon bei sehr gelinder Wärme zu einer braungelben Flüssigkeit. Es besitzt einen dem Chlorbenzoyl analogen, jedoch viel schwächeren und dabei etwas aromatischen Geruch. An der Luft raucht es schwach, sehr stark aber beim Erwärmen. Es ist brennbar und verbrennt mit leuchtender, ruſsender Flamme.

Mit Wasser zersetzt es sich nur sehr langsam. Unter Wasser erwärmt, bleibt es als ein bräunliches Oel darin liegen; erst nach sehr langem Kochen zersetzt es sich damit in Bromwasserstoffsäure und krystallisirende Benzoësäure.

In Aether und Alkohol ist es leicht löslich, ohne sich damit zu zersetzen. Aus beiden wird es beim Verdunsten wieder als krystallinische Masse erhalten.

Digitized by Google

Jodbenzoyl.

Es scheint nicht durch directe Vereinigung der Bestandtheile entstehen zu können. Man erhält es aber leicht durch Erwärmen von Jodkalium mit Chlorbenzoyl. Es destillirt als braune Flüssigkeit über, die beim Erkalten zu einer braunen, krystallinischen Masse erstarrt. Es enthält alsdann noch Jod aufgelöst. Im reinen Zustande ist es farblos, blättrig krystallinisch, leicht schmelzbar, zersetzt sich aber dabei jedesmal unter Entbindung von etwas Jod. Im Geruch, im Verhalten zu Wasser und Alkohol, in der Brennbarkeit, ist es von der vorhergehenden Verbindung nicht verschieden.

Schwefelbenzoyl.

Man erhält es durch Destillation von Chlorbenzoyl mit fein gepulvertem Schwefelblei. Es destillirt als ein gelbes Oel über, welches zu einer weichen, krystallinischen, gelben Masse erstarrt. Es besitzt einen unangenehmen, an Schwefel erinnernden Geruch. Es scheint selbst durch Kochen mit Wasser nicht zersetzbar zu seyn. Mit einer kochenden Auflösung von kaustischem Kali bildet es nur sehr langsam benzoësaures Kali und Schwefelkalium. Es ist entzündlich und verbrennt mit leuchtender, rufsender Flamme und Entwicklung von schwefliger Säure. — Mit Alkohol zersetzt es sich nicht.

Cyanbenzoyl.

Benzoylwasserstoff vermag wohl eine gewisse Menge Cyangas aufzulösen und nimmt davon den Geruch an; aber durch Wärme läfst es sich wieder ohne Veränderung austreiben.

Die wirkliche Verbindung erhielten wir durch Destillation des Chlorbenzoyls über Cyanquecksilber. Die Verbindung destillirte als goldgelbes Oel über, und in dem Destillationsgefäfse blieb Quecksilberchlorür zurück.

Das Cyanbenzoyl ist im reinen, frisch rectificirten

Digitized by Google

Zustand eine farblose Flüssigkeit, die sich aber sehr schnell wieder gelb färbt. Es besitzt einen stechenden, stark zum Thränen reizenden Geruch, der entfernt an den des Zimmtöls erinnert. Sein Geschmack ist beifsend, süfslich, hintennach stark nach Blausäure.

Es ist schwerer als Wasser, in dem es als ein Oel untersinkt, und womit es sich in kurzer Zeit in Benzoësäure und Cyanwasserstoffsäure zersetzt. Läfst man einen Tropfen auf Wasser ausgebreitet stehen, so findet man ihn bis zum andern Tag in eine Sonne aus Benzoësäure-Krystallen verwandelt. Durch Kochen mit Wasser wird es sehr rasch in Benzoësäure und Blausäure zersetzt. — Es ist leicht entzündlich, und verbrennt mit einer weifsen, sehr stark rufsenden Flamme.

(Schlufs im nächsten Hefte.)

XIV. *Ueber den Einflufs des Wassers auf eine grofse Anzahl chemischer Reactionen; von Hrn. Pelouze.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. L p.* 314 und 434.)

Durch Hrn. Kestner, Fabrikanten chemischer Producte zu Thann (im Elsafs), in den Besitz einer grofsen Menge Traubensäure gesetzt, stellte ich vor einigen Monaten viele Versuche an, in der Hoffnung diese Säure in Weinsteinsäure, und letztere wieder in Traubensäure umzuwandeln. Wenn sich auch hieraus kein weiteres Resultat als der Verlust von einigen hundert Grammen dieses eben so seltenen als sonderbaren Körpers ergab, so hatte ich doch wenigstens das Vergnügen eine Thatsache zu entdecken, welche wegen ihrer Sonderbarkeit unfehlbar die Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich ziehen wird. Diese Thatsache besteht darin, dafs die siedende

Digitized by Google

alkoholische Lösung von Traubensäure nicht nur das Lackmusblau nicht röthet, sondern sogar kein kohlensaures Alkali zersetzt.

Zuerst war ich geneigt, diese Eigenschaft einem isomerischen Einflusse zuzuschreiben; allein bald überzeugte ich mich, dafs die Weinsteinsäure ganz dieselbe Erscheinung darbot. Ich wiederholte nun meine Versuche, dehnte sie auf andere Säuren aus, und gewahrte dadurch zu meinem grofsen Erstaunen, dafs die Essigsäure, im Zustande der gröfsten Concentration, d. h. verbunden blofs mit dem zu ihrer Existenz erforderlichen einen Atom Wasser, die blaue Farbe des recht trocknen Lackmuspapier nicht röthet, und über Kreide gekocht werden kann, ohne eine einzige Blase Kohlensäure zu entwickeln.

Vor langer Zeit hat Hr. Proust gefunden, dafs Salpetersäure von 1,410 spec. Gewicht Zinn nicht angreift, dafs es aber sogleich und mit ungemeiner Heftigkeit geschieht, so wie man dem Gemenge Wasser zusetzt. Eben so weifs man, dafs wasserfreie Schwefelsäure, im starren wie im dampfförmigen Zustand, recht trocknes Lackmuspapier nicht röthet, und dafs sie unumgänglich Wasser enthalten mufs, wenn sie ihre Eigenschaft als Säure versichtbaren soll.

Andererseits hat Hr. Chevreul gesehen *), dafs man durch Erhitzen von 0,02 Grm. doppelt stearinsauren Kalis in 5 Grm. Alkohol von 0,792 Dichte eine Lösung bekommt, die 0,20 Grm. eines wäfsrigen Aufgusses von Lackmus nicht röthet, dafs, wenn man 5 Grm. Wasser zu der Lösung setzt, das Lackmus roth wird, dafs es aber auf ferneren Zusatz von 10 Grm. Wasser seine blaue Farbe wieder annimmt. Aus diesen Thatsachen schliefst Hr. Chevreul, dafs der Antheil der Stearinsäure, welcher im doppelt-stearinsauren Kali in Ueberschufs für die Sättigung der Base da ist, stärker vom stearinsauren

*) *Recherches chimique sur les corps gras d'origine animale. Paris* 1823.

Kali als vom Kali des Lackmus angezogen werde, sobald das doppelt-stearinsaure Kali in starkem Alkohol gelöst ist; während das Gegentheil stattfindet, wenn das doppelt-stearinsaure Kali in verdünntem Alkohol gelöst ist. Ueberdiefs hat Hr. Chevreul gezeigt, dafs eine alkoholische Lösung der fetten Säuren nicht das Lackmusblau verändert.

Diefs sind die einzigen Thatsachen, die, meines Wissens, in einiger Beziehung zu denen stehen, die ich beobachtet habe und nun beschreiben werde.

Essigsäure von 1,063 Dichte wurde in ein Glasrohr geschüttet, dieses über Quecksilber umgekehrt, und kohlensaurer Kalk, der durch kohlensaures Kali aus Chlorcalcium gefällt und bei 100° getrocknet worden war, in dasselbe gebracht. Nachdem das Ganze einen Monat gestanden, hatte sich nicht eine einzige Blase von Kohlensäure entwickelt. Der kohlensaure Kalk, auf einem Filtrum mit Alkohol gewaschen, zeigte nicht den geringsten Gewichtsverlust. Kreide und Marmor gaben dasselbe Resultat.

Dieselbe Säure in einer gebogenen Glasglocke anhaltend mit kohlensaurem Kalk gekocht, reagirte auch dann nicht auf denselben.

Eben so war der Vorgang im barometrischen Vacuo, und als das Gemenge im Oersted'schen Apparat einem Druck von 10 Atmosphären ausgesetzt wurde.

Schüttet man die concentrirte Essigsäure, statt sie mit kohlensaurem Kalk in Berührung zu bringen, auf Aetzkalk, erhalten durch Glühen von Marmor, so sieht man sie sogleich verschwinden und essigsauren Kalk bilden, der sich in der überschüssig angewandten Säure löst.

Die kohlensauren Salze von Kali, Natron, Blei, Zink, Baryt, Strontian und Talkerde werden von der krystallisirbaren Säure zersetzt, die drei letzten indefs ungemein langsam. Bei allen geschieht aber die Zersetzung mit

Digitized by Google

Heftigkeit, wenn man die Säure mit Wasser verdünnt. Löst man sie dagegen in dem Mehrfachen ihres Volums an Alkohol, so verliert sie vollkommen die Eigenschaft, aus den eben genannten kohlensauren Salzen Kohlensäure zu entwickeln, erhält dieselbe aber auf Zusatz von Wasser von Neuem. Indefs ist das Verhältnifs von Wasser, das zur Hervorrufung dieser Reaction erfordert wird, nicht gleichgültig, wovon der folgende Versuch einen merkwürdigen Beweis liefert.

Ein Rohr wurde bis zu einem gewissen Punkt mit einer concentrirten wäfsrigen Auflösung von kohlensaurem Kali, und dann vollends mit Quecksilber gefüllt. Nachdem es hierauf über Quecksilber umgekehrt worden, wurde in dasselbe mittelst einer Pipette ein Gemenge von Alkohol und concentrirter Essigsäure gebracht. Nach halbminutlichem Schütteln schlug sich das kohlensaure Kali in Gestalt eines körnigen, weifsen Pulvers nieder, ohne dafs sich dabei die geringste Menge von Kohlensäuregas entwickelt hätte.

Mithin ändert in diesem Falle die Gegenwart des Alkohols die Verwandtschaften bis zu dem Grade ab, dafs er gröfsere Neigung zur Aufnahme von Wasser besitzt, als die so ungemein kräftige Essigsäure zur Zersetzung des kohlensauren Kalis, während sie Kali oder Kalihydrat doch so leicht zersetzt. Die rationelle Erklärung einer so seltsamen Thatsache scheint mir nicht leicht auffindbar. Man kann hier nicht einwenden, dafs Unlöslichkeit sich der Bildung des essigsauren Kalis widersetze; denn diefs Salz ist nicht allein im Alkohol, sondern auch in einem Gemisch von Alkohol und Essigsäure löslich.

Worin übrigens auch der Einflufs, den der Alkohol bei seiner Berührung mit Essigsäure und kohlensauren Salzen ausübt, begründet seyn mag, so sind doch während seiner ganzen Dauer die Eigenschaften der Essigsäure, wenn auch nicht zerstört, doch wenigstens voll-

ständig versteckt. Diefs brachte mich auf den folgenden Versuch, der gewissermafsen die Umkehrung des vorhergehenden ist. Ich löste essigsaures Kali in Alkohol von 97° C. und liefs einen Strom von Kohlensäuregas einströmen. Nach einigen Augenblicken bekam ich einen reichlichen Niederschlag von kohlensaurem Kali, welcher sich ungeachtet der abgeschiedenen Essigsäure hielt, indem diese Säure, wie gesagt, bei Lösung in Alkohol kohlensaure Alkalien nicht mehr zersetzt. Sind die zu diesem Versuche angewandten Substanzen wasserfrei, so bildet sich eine grofse Menge Essigäther.

So kann man also unter demselben Druck und bei derselben Temperatur essigsaures Kali durch Kohlensäure, und kohlensaures Kali durch Essigsäure zersetzen, blofs dadurch, dafs man das Lösemittel ändert, in dem die chemische Action vor sich geht.

Die Eigenschaft der Kreide, weder kalt noch warm von concentrirter Essigsäure angegriffen zu werden, brachte mich auf den Gedanken, es möge wohl der essigsaure Kalk seine Base der Kohlensäure abtreten. Ich liefs daher bei verschiedenen Temperaturen Kohlensäure auf essigsauren Kalk, trocknen, wie feuchten, oder in concentrirter (alkoholischer? *P.*) Lösung enthaltenen, in grofser Menge strömen, erhielt aber nur negative Resultate.

Wasserfreier Alkohol, Schwefel- und Essigäther verstecken mehr oder weniger vollständig die Eigenschaften der mächtigsten Säuren. Ihre Lösungen in diesen Mitteln röthen nicht das Lackmuspapier, und greifen auch viele kohlensaure Salze nicht an.

Ein Gemenge von etwa 6 Th. absoluten Alkohols und 1 Th. concentrirter Schwefelsäure wirkt auf kein neutrales kohlensaures Salz; allein es zersetzt sogleich das essigsaure Kali und entwickelt daraus reichlich Dämpfe von Essigsäure, gemengt mit Essigäther.

Durch die Arbeiten von Hennell und Sérullas weifs man, dafs sich Weinschwefelsäure in einem kalten

Gemenge von Alkohol und concentrirter Schwefelsäure bildet, dafs aber immer freie Schwefelsäure in dem Gemenge bleibt, wie viel Alkohol auch überschüssig angewandt worden ist. Ich darf also aus dem erwähnten Versuche schliefsen, dafs eine alkoholische Lösung von Weinschwefelsäure und Schwefelsäure nicht fähig ist, ein kohlensaures Salz zu zersetzen. Es mufs Wasser hinzutreten, wenn die Reaction zu Stande kommen soll.

Eine Lösung von Chlorwasserstoffgas in so concentrirtem Alkohol, dafs das Gemenge nach mehr hundertmaliger Verdünnung mit Wasser das Lackmuspapier röthet, greift künstlichen kohlensauren Kalk und selbst Marmor mit ungemeiner Heftigkeit an. Es greift auch, wiewohl weniger lebhaft, die kohlensauren Salze von Baryt, Strontian, Talkerde und Natron an, selbst wenn diese Salze vorher geglüht worden. Dagegen zersetzt sie kohlensaures Kali nicht.

Concentrirte Salpetersäure mit Alkohol gemischt, zersetzt ebenfalls nicht das kohlensaure Kali, während sie auf kohlensauren Kalk und Strontian mit Lebhaftigkeit einwirkt. Sie greift auch die Carbonate von Baryt, Talkerde und Natron an, aber viel langsamer.

Wie bereits gesagt, geben die Pflanzensäuren ähnliche Reactionen wie die Mineralsäuren. Die, mit denen ich besonders experimentirte, sind die Wein-, Trauben-, Citronen- und Kleesäure. Alle vier lösen sich in sehr beträchtlicher Menge in Alkohol. Die alkoholische Lösung der beiden ersten Säuren greift keins der vielen kohlensauren Salze an, mit denen ich sie in Berührung brachte.

Die Citronensäure ist unter denselben Umständen ohne Wirkung auf die Carbonate von Strontian, Kalk und Baryt; allein es greift die des Kali und der Talkerde an, das letztere jedoch mit ungemeiner Langsamkeit.

Die Kleesäure, welche aus den Carbonaten von Baryt, Strontian und Talkerde die Kohlensäure austreibt,

Digitized by Google

übt auf kohlensaures Kali und kohlensauren Kalk nicht die mindeste Wirkung aus.

Die Kenntnifs der in dieser Abhandlung niedergelegten Beobachtungen wird nicht ohne Nutzen für die practische Chemie seyn; denn sie zeigen, welche Schwierigkeiten mit Saturationen bei Gegenwart von Alkohol verknüpft seyn können, und welche Vorsicht man zuweilen in Beurtheilung der scheinbaren Neutralität zu beachten habe, vor Allem bei organischen Analysen, bei denen Alkohol und Aether so häufig angewandt werden.

Was auch die Ursache der angeführten Thatsachen seyn mag, so geben dieselben doch den unumstöfslichsten Beweis, dafs die Verwandtschaften der Körper zu einander von dem Lösemittel, in welchem die Reaction stattfindet, bedingt werden. Und so kann die Essigsäure, je nachdem sie in Wasser oder Alkohol gelöst ist, in Bezug auf gewisse Körper, z. B. auf die Kreide, als zwei ganz verschiedene Säuren betrachtet werden. Die in Alkohol gelöste Essigsäure verhält sich zu den kohlensauren Salzen, wie die Kohlensäure zu den in Wasser gelösten essigsauren Salzen, und umgekehrt, die in Wasser gelöste Essigsäure verhält sich zu den kohlensauren Salzen, wie die Kohlensäure zu den in Alkohol gelösten essigsauren, d. h. in einem Falle ist durchaus keine, im andern die vollständigste Wirkung vorhanden. Diese Thatsachen scheinen übrigens das schöne Gesetz von Berthollet, dafs die Doppelzersetzungen auf Unlöslichkeit des einen Products beruhen, wenn es möglich ist, noch mehr zu verstärken. Denn, wenn die Kohlensäure das in Alkohol gelöste essigsaure Salz zersetzt, so rührt diefs daher, dafs das kohlensaure Kali, welches sich bilden mufs, in Alkohol unlöslich ist, abgesehen von der ungewöhnlichen Eigenschaft der Essigsäure, das kohlensaure Kali unter diesen Umständen nicht zu zersetzen.

Nicht unmöglich wäre es, bei Anwendung eines pafslichen Lösemittels, durch Kohlensäure oder eine andere

Digitized by Google

schwache Säure stärkere Säuren aus ihren Salzen abzuscheiden. Indeſs ein Versuch, den ich in dieser Absicht anstellte, war ohne Erfolg. Ich löste nämlich Chlorstrontium, Chlorkupfer und salpetersaures Kupferoxyd in Alkohol, und lieſs eine Zeit lang Kohlensäure einströmen, ohne indeſs kohlensauren Strontian oder kohlensaures Kupferoxyd zu erhalten.

Das Wasser scheint nicht immer für die chemischen Reactionen nöthig zu seyn, denn viele gehen auch in andern Lösemitteln vor sich. Kleesäure, unter der Luftpumpe getrocknet und in absolutem Alkohol gelöst, schlägt den in derselben Flüssigkeit gelösten salpetersauren Kalk nieder. Schwefelcyankalium röthet das in Alkohol gelöste Eisenchlorid so gut wie das in Wasser gelöste.

XV. *Nachricht von früher im Orient gefallenen Aërolithen, mitgetheilt von Hrn. Oberbibliothekar Prof. Dr. Wilken.*

Die persische Handschrift, aus welcher die nachstehenden Nachrichten gezogen sind, befindet sich in der hiesigen Königl. Bibliothek (*Ms. orient.* in 8vo No. 97) — ist im sechsten Jahre der Regierung des indischen Padischah Mohammedschah, also im Jahr 1723, geschrieben, und ermangelt zwar eines Titels, enthält aber eine Geschichte der indischen Könige bis zur Zeit des Padischah Mohammed Ewrengzeb, also bis zum Anfange des achtzehnten Jahrhunderts. Als Einleitung geht eine Art von Encyclopädie voran, worin mancherlei Gegenstände der Physik, und insbesondere auch die Lufterscheinungen, als Hagel, Regen, Schnee u. s. w., behandelt werden; und da, wo vom Gewitter die Rede ist, werden folgende Nachrichten mitgetheilt:

»Von dem Scheich Erreis ist überliefert worden,

dafs an einem Tage in den Gegenden von Dschordschan *) ein Stück Eisen, dessen Schwere hundert und funfzig Men **) betrug, und dessen Bestandtheile wie Hirsekörner ***) an einander sich reihten, vom Himmel herabfiel, und die Einwohner dieser Gegend ein seltsames Geräusch vernahmen. Sie brachten das Stück Eisen zu dem Statthalter von Dschordschan, worauf der Sultan Mahmud der Gasnevide (reg. vom J. 999 bis 1030) einen Theil davon begehrte, welchen man ihn brachte. Der Sultan befahl zwar ein Schwert daraus zu verfertigen, was man aber nicht vermochte.«

»Im sechszehnten Jahre der Regierung des Padischah Dschehangir (J. Chr. 1621) erhob sich, wie überliefert wird, in einer Gegend von Dschalinder (einem nördlichen Districte von Indien) um die Morgenzeit von Osten her ein heftiges Geräusch, und in derselben Zeit sah man etwas Helles wie einen Blitz herabfallen, welches verschwand. Mohammed Said aber, der Statthalter dieser Gegend, befahl an diesem Orte nachzugraben, worauf ein Stück heifsen Eisens zum Vorschein

*) Eine damals der Herrschaft des Sultans Mahmud des Gasneviden unterworfene persische Provinz an der östlichen Seite des caspischen Meers, welches von den persischen Geographen auch Bahri Dschordschan, d. i. das Meer von Dschordschan, genannt wird.

**) Der Betrag des in Indien üblichen Gewichts Men wird sehr verschieden angegeben, dergestalt, dafs die Angaben zwischen 40 und 2 Pfunden schwanken.

***) Ob ich das in dem persischen Texte vorkommende Wort *gawirs* richtig durch Hirsekörner übersetzt habe, bin ich im Zweifel; der Sultan von Aude drückt sich in seinem Siebenmeere über dieses in früheren persischen Wörterbüchern fehlende Wort also aus: »*gawirs* kömmt in der Bedeutung von Hirse vor, nach andern heifst es Getreide; Gott weifs es.« In der neusten Ausgabe von Richardson *persian Dictionary* wird das Wort durch eine Art von Wicken (*a kind of vetch*) erklärt. In jedem Falle scheint durch die Vergleichung mit dem *gawirs* die körnige Beschaffenheit des Meteorsteins bezeichnet zu werden.

Digitized by Google

kam, welches unter Siegel an den Hof befördert wurde: und der Padischah Dschehangir gebot dem Meister David daraus Schwert und Dolch zu verfertigen. Als dieser jedoch vorstellte, dafs dieses Eisen nicht unter dem Schmiedehammer Stand halten, sondern dessen Bearbeitung nur möglich seyn würde, wenn man es mit anderem Eisen vermischte; so wurde eine solche Mischung angeordnet, und man mischte drei Theile von dem *Eisen des Blitzes* und einen Theil von anderem Eisen mit einander. Davon wurden zwei Schwerter, ein Dolch und ein Messer verfertigt, welche im Schneiden und Verwunden den tüchtigsten Schwerter gleich kamen. Die Masse derselben war vortrefflich, obwohl sie keine Aehnlichkeit hat mit der Masse unserer Schwerter.«

XVI. *Cagnard de Latour's akustische Versuche*

Vor etwa vier Jahren fand Hr. C., dafs, wenn man eine 18 bis 20″ lange Eprouvette auf einen Resonanzboden stelle, einige Grm. Phosphor hineinschütte und mit heifsem Wasser fülle, der dadurch geschmolzene Phosphor beim Erstarren einen kurzen Ton gebe. Neuerdings überzeugte er sich, dafs dieser Ton fast gleiche Höhe habe mit dem, welcher durch longitudinales Reiben der mit Wasser gefüllten Röhre entsteht. Eine unten verschlossene Röhre mit drei Fufs langer Wassersäule z. B. giebt einen hydraulischen Ton von 800 einfachen Schwingungen in der Secunde; eine ganz offene Röhre gäbe also einen Ton von 1600 Schwingungen. Mit einer Phosphorsäule von 27 Zoll Höhe und $1\frac{1}{2}$″ hoher Wasserbedeckung entstand kein Ton mehr (*Journ. de chim. med.* 1832, *p.* 616).

Mittelst einer eigenen Pfeife, die Hr. C. *conduit siffleur* nennt, hat derselbe gefunden, dafs, bei einer 20″ hohen Säule, reines Wasser 1478 Schwingungen in der Secunde macht, Alkohol (v. 36° B.) 1400, Chlorcalciumlösung (von 13° B.) 1488, Schwefelsäure (v. 66° B.) 1280, Salzsäure (v. 21° B.) 1472, Quecksilber 640; letzteres gab einen trompetenartigen Ton. Die Pfeife wurde unter den Flüssigkeiten und durch dieselben mittelst eines Kautschuckbeutels angeblasen (Berzelius, Jahresb. No. XII S. 4).

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1832, ELFTES STÜCK.

I. *Ueber die Veränderungen der Höhe, welche die Oberfläche des Kaspischen Meeres bis zum April des Jahres 1830 erlitten hat;*

von E. Lenz.

(Gelesen den 30. November 1831 in der Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg, und mitgetheilt vom Verfasser.)

Jener riesenhafte Landsee, der unter dem Namen des kaspischen Meeres bekannt ist, und welcher im Durchschnitt eine Länge von 10 Breitengraden und eine Breite von 5 Längengraden besitzt, hat von jeher die Aufmerksamkeit der Geographen und Physiker in mehr als einer Hinsicht auf sich gezogen. Eine Menge Flüsse, und unter diesen einige, die zu den gröfseren der alten Welt gehören, ergiefsen sich in dieses gemeinschaftliche Reservoir, und führen ihm in jeder Stunde eine mächtige Wassermasse zu. Dennoch steigt das Niveau dieses Sees im Allgemeinen nicht, ja in den letzten Jahren kann man im Gegentheil ein ziemlich bedeutendes Sinken desselben nachweisen, wie wir aus dem Folgenden ersehen werden. Da man nun in früherer Zeit der Ausdünstung allein die Ableitung dieses grofsen Zuflusses nicht zuschreiben zu

können glaubte, so nahm man seine Zuflucht zu einem unterirdischen Abflusse in den persischen Meerbusen oder in's schwarze Meer. Man citirte zur Unterstützung dieser Hypothese das angebliche Factum, dafs organische Erzeugnisse der Ufer des kaspischen Meeres in den Wellen des persischen Meerbusens wieder gefunden wurden. Allein vergeblich suchten die Schiffer auf dem kaspischen Meere den Punkt, wo jener unterirdische Abflufs statt finden sollte, und der sich durch ein Hinströmen des Wassers von allen Seiten dahin hätte kund thun müssen. Es wird zwar in mehreren älteren Schriften *) behauptet, die ersten russischen Seefahrer dieses Meeres, die Peter der Grofse zur Aufnahme desselben beorderte, hätten in der Bai von Karabugas, welche an der östlichen Küste des See's liegt, einen solchen heftigen Strom bemerkt, der auf einen Abflufs des Wassers in der Mitte dieser Bai hindeute; allein Woodroof **) bemerkt, dafs ihm dieses Factum von Einwohnern der südlich davon gelegenen Insel Ogurtjoy, welche ihm als Piloten dienten, gänzlich geleugnet werde, und doch halten sich fortwährend einige Böte dieser Insulaner in besagter Bai auf, des ergiebigen Fischfangs wegen. — Bei neueren Schriftstellern wird nirgends etwas von einem solchen Strome erwähnt; ja schon Kämpfer ***) widerlegt ausdrücklich eine solche Meinung, und thut zugleich dar, dafs das obenerwähnte Vorfinden organischer Producte der kaspischen Ufer im persischen Meerbusen gänzlich ungegründet sey. Hieraus ergiebt sich, dafs die ganze Hypothese eines unterirdischen Abflusses zu verwerfen sey, besonders da wir sogleich sehen werden, dafs ein solcher Abflufs physisch unmöglich ist. In neuerer Zeit

*) Vergl. Ritschkof, Topographie von Orenburg. (In russischer Sprache.) 1762. Bd. I S. 206.

**) Hanway's Reise, Bd. I S. 109.

***) Kämpfer, *Amoenit. exotic. p.* 253.

haben nämlich Engelhardt und Parrot durch ihr mühsames barometrisches Nivellement die schon früher durch den Lauf der Flüsse angedeutete Ansicht, als liege das kaspische Meer tiefer als das schwarze, vollkommen bestätigt, und den Unterschied ihre Niveaus auf 52 Toisen bestimmt. Hierdurch wird nun ein Zusammenhang beider Meere unmöglich, da sonst das kaspische Meer dadurch um 52 Toisen steigen müſste. Auch mit dem indischen Oceane wird eine unterirdische Verbindung hierdurch wenigstens im höchsten Grade unwahrscheinlich, da bis jetzt alle Messungen dafür sprechen, daſs das Weltmeer überall ein gleiches Niveau habe, welcher Satz noch neuerdings durch das Nivellement des Isthmus von Panama durch Lloyd eine schöne Bestätigung gefunden hat †). Wir sind also gezwungen anzunehmen, daſs das dem kaspischen Meere zugeführte Wasser bloſs durch Verdunstung abgeleitet werde.

Es ist aber noch ein anderer Umstand bei diesem Meere, der unsere Aufmerksamkeit nicht minder in Anspruch nimmt, nämlich die Veränderungen seines Niveau zu verschiedenen Zeiten. Hierüber herrschte bis jetzt die gröſste Verwirrung in den Angaben; bald liest man bei einem Schriftsteller, die Oberfläche sey gesunken, bald bei einem andern, sie sey gestiegen; ja fast alle, namentlich Hanway *), Lerch **), Müller ***) u. A., erwähnen der Sage der Einwohner von einer regelmäſsigen Periode in dieser Erscheinung, so daſs der Wasserspiegel in 30 bis 35 Jahren steige und eben so lange Zeit wieder sinke. — Es war mein Bestreben, während meines Aufenthalts in Baku und auf der Rückreise von dieser Stadt bis Astrachan, über diesen Punkt zu einiger Gewiſsheit zu gelangen, und die gegenwärtige Abhand-

†) Vergl. diese Ann. Bd. XX (96) S. 131. P.

*) Hanway's Reise, Bd. I S. 110.

**) Büsching's Magazin, Bd. X S. 440.

***) Müler's Sammlung russischer Geschichte, Bd. IV S. 10.

Digitized by Google

lung enthält dasjenige, was ich hierüber habe ermitteln können, und was sich aus den verschiedenen Angaben früherer Reisender durch eine Zusammenstellung derselben als das Wahrscheinlichste ergiebt. Um aber Andere durch die Benutzung derjenigen Autoren, die ich mir zur Ansicht hier nicht verschaffen konnte, in den Stand zu setzen, meine Resultate noch mehr zu vervollständigen, lasse ich hier zuerst eine Liste der von mir benutzten Werke, die ich meist der Gefälligkeit Sr. Excellenz des Hrn. von Fraehn verdanke, folgen:

Bakui, in den *Notices et extraits de la bibliothèque du roi, T. II.* — Olearius, Persianische Reisebeschreibung. — Kämpfer, *Amoenitates exoticae.* — Pallas, Reise. — Hanway's Reise. — Lerch's beide Reisen in Büsching's Magazin, Bd. III und X. — Nicolaus Murawiew, Reise nach Turkmenien und Chiwa (in russischer Sprache). — Kephalides, *de historia maris Caspii.* — Reinegg's Kaukasus. — Marshall von Biberstein, *Tableau des provinces etc.* — Gmelin's Reise. — Güldenstädt's Reise. — Gamba's Reise. — Eichwald's Reise, als Auszug in den geographischen Ephemeriden, Bd. XXIV. — Topographie des Orenburgischen Gouvernements, von P. Ritschkof, 1762. — Müller's Sammlung russischer Geschichte, Bd. IV und VII. — Briefe, geschrieben während einer Reise von Astrachan zum Kaukasus und nach Grusien, von J. N. (in russ. Spr.) — Ritter's Geographie, Asien.

Ich werde in dieser Abhandlung den Gang befolgen, dafs ich zuerst die Veränderungen des Niveaus des kaspischen Meeres in den letzten Zeiten, etwa seit Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts, erörtern, und dann auf die Veränderungen in früherer Zeit zurückgehen werde. Ueber den ersten Theil haben wir Data, die uns Gewifsheit gewähren; bei dem letzten werden wir uns mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit begnügen müssen.

Es läfst sich vielleicht kein Ort an kaspischen Ufern

Digitized by Google

ausfindig machen, der geeigneter wäre zur Beobachtung über das Niveau dieses Meeres, als Baku. Diesen Vorzug hat die Stadt aus drei Gründen:

1) Das ziemlich steile Emporsteigen der Berge, welche das Ufer bei Baku einschliefsen, machte es möglich die Stadt dicht an dem Meeresufer zu bauen.

2) Kein Flufs ergiefst sich in der Nähe Baku's in's Meer.

3) Die durch die Richtung des Ufers selbst (das Vorspringen der Halbinsel Abscheron) und durch die vorliegenden Inseln Nargen und Wulf mehr geschlossene Gestalt der Bai von Baku und der steile Abfall seiner Ufer macht diese den Sandanschwemmungen weniger ausgesetzt, als es andere Punkte der Ufer dieses See's (z. B. Derbend) sind.

Der zuerst erwähnte Umstand rückt das Phänomen den Einwohnern unmittelbar vor Augen, und giebt ihnen leicht Anhaltspunkte, von welchen aus sie die Höhe des Wasserstandes, fast ohne es zu wollen, bemerken mufsten. Ich selbst wurde dadurch in den Stand gesetzt, die Angaben der früheren Reisenden, die Baku besuchten, nicht nur im Allgemeinen zur Bestimmung eines Fallens oder Steigens zu benutzen, sondern auch die Gröfse dieser Veränderungen zu messen und in Zahlen auszudrücken.

Nicht minder wichtig ist der zweite Punkt, nämlich die Abwesenheit der Mündung irgend eines Flusses an der Küste von Baku. Die Flüsse, die dem caucasischen Gebirge entspringen, und nach einem, gegen die Höhe ihres Ursprungs, sehr kurzen Laufe sich in's kaspische Meer ergiefsen, sind aus diesem Grunde reifsend und fliefsen zum Theil nahe bei ihrer Mündung in einem weichen sandigen Boden. Es ist daher bei manchen von ihnen (z. B. dem Terek) gar nicht ungewöhnlich, dafs sie fast in jedem Jahre ihr Bett verändern, und hierbei theils Stücke ihrer ehemaligen Ufer in die See fortreifsen,

Digitized by Google

theils wieder an andern Orten das weggeschwemmte Land absetzen und Sandbänke bilden, die endlich aus dem Wasser hervortreten und als Inseln erscheinen. Findet das Erste statt, so kann ein darauf nicht vorbereiteter Beobachter (besonders wenn sich an der Mündung des Flusses keine Wohnsitze der Einwohner finden), bei einem zufälligen Besuche, dieses Wegreifsen durch den Flufs leicht einem Verschlingen durch's Meer zuschreiben, und daher auf ein Steigen der Oberfläche desselben schliefsen. Im zweiten Fall aber kann er auf den entgegengesetzten Fehlschlufs geleitet werden, nämlich die hervorgetretene Sandbank einem Sinken des Meeres zuzuschreiben. Wir werden im Folgenden Gelegenheit haben hierauf zurückzukommen.

Was endlich den dritten Punkt betrifft, nämlich *die* Sandanschwemmungen durch die Meereswellen, so finden sich Beispiele dafür von den Schriftstellern öfters erwähnt. Das auffallendste der Art liefert das folgende Factum, das sich in Bruce's *Memoir. p.* 285, findet, und welches ich aus Ritter's Geographie entlehne. Eine Flotte von dreizehn Transportschiffen zerschellte an der Westküste des kaspischen Meeres, nicht weit von Derbend, in einem Sturme, und innerhalb drei Stunden war auch nicht die geringste Spur eines Wraks mehr zu sehen; sie waren während dieser kurzen Zeit ganz im Sande begraben. — Zu andern Zeiten und bei unverändertem Winde wühlt dasselbe Meer diesen aufgehäuften Sand wieder um und trägt ihn über an einen andern Ort. Dafs hierdurch Erscheinungen hervorgebracht werden, die denen durch Anschwemmung der Flüsse ganz ähnlich sind, ist leicht begreiflich.

Nach dem so eben Erwähnten werde ich also vorzüglich die Veränderungen des Meeresniveau bei Baku betrachten, und nachher erst die Beobachtungen, die man von andern Punkten hierüber hat, damit verbinden. Ich habe bereits in meiner, im vorigen Jahre gehaltenen öf-

fentlichen Rede über meine Reise nach Baku *), bei Beschreibung der Umgegend dieser Stadt, bemerkt, dafs der südlich von derselben gelegene Theil der Bucht zum Theil aus Muschelkalkfels besteht, welcher in südöstlich geneigten Schichten gelagert ist, zum Theil aber auch aus horizontalen, auf jenem aufliegenden Thonschichten, die gleichfalls eine Menge noch jetzt lebendig vorkommender Muscheln enthalten, und die sich abgesetzt haben, nachdem der Muschelkalk bereits seine Neigung durch innere Hebung erhalten hatte. An diesen weicheren Thonschichten sieht man nun deutlich, dafs die Wellen sie bespühlt haben; sie sind fast alle an ihrem unteren Theil mehr oder weniger ausgehöhlt, während die Wellen sie jetzt **) nicht mehr erreichen, sondern auch beim höchsten Wasserstande (bei Südoststurm) durch ein schmales Sandufer von ihnen getrennt sind. Dieses deutet auf einen gegenwärtig niedrigen Stand des Meeresspiegels als früherhin, also auf ein Sinken desselben, hin. — Eben so zeigt die längs der Küste sich hinziehende Stadtmauer durch die Farbe ihres untersten Theils, dafs sie hier einst von den Wellen bespühlt worden sey; jetzt steht sie etwa vier Faden vom Ufer entfernt. Wenn man aus diesen Datis auf die frühere Meereshöhe schliefsen wollte, so würde sie sich etwa zwölf Fufs höher als im Jahre 1830 ergeben. — Dieses Resultat erlangte ich sogleich bei meinen ersten Ausflügen in die nächsten Umgebungen der Stadt, verbunden mit den vorläufigen Nachfragen, die ich an verschiedene Personen that. — Demnächst ging mein Bestreben dahin, Jemanden in der Stadt ausfindig zu machen, durch den ich in den Stand gesetzt würde, für eine

*) *Recueil des actes de la séance publique de l'acad. impér. d. sc. de St. Petersbourg, tenue le* 29. *December* 1830.

**) Wenn ich mich in dieser Abhandlung des Ausdruckes »jetzt« bediene, so verstehe ich immer darunter die Zeit, als ich in Baku war, d. h. den Monat März des Jahres 1830.

Digitized by Google

grofse Anzahl von Jahren diese Abnahme des Wassers mit noch mehr Genauigkeit bestimmen zu können, und es glückte mir, diesen Zweck zu erreichen. Der Postmeister von Baku, Nicolai Dimitritsch Schdanoff, befindet sich seit dem Jahre 1805 in dieser Gegend; er war in den ersten Jahren Steuermann auf einer der dort postirten russischen Kriegsbriggs gewesen, und hatte bei einer, gerade zur damaligen Zeit veranstalteten, Aufnahme und Sondirung der Bai mit geholfen. Durch dieses Geschäft schon mufste er auf den Stand des Wassers aufmerksam geworden seyn. Er versicherte mich, dafs, seitdem er dort sey, die Meereshöhe abgenommen habe, ohne irgend einmal inzwischen zu steigen. Als er in Baku ankam, legten die Böte unmittelbar vor der Stadtmauer an der noch jetzt dort befindlichen steinernen Anfahrt an; jetzt ist von derselben eine lange hölzerne Brücke bis in's Wasser hineingebaut. — Auf meine Bitte besuchte er mit mir die südliche Küste der Bai, um mir auf derselben eine Felsplatte zu zeigen, an welcher in den ersten Jahren seines Hierseyns die russische Schiffsmannschaft und mit derselben er selbst gewöhnlich zu landen pflegten, wenn sie ihre Ausflüge in die Umgegend machen wollten. Diese Felsplatte ist so ausgezeichnet, und mufs für den Fall eines so hohen Wasserstandes für's Landen der Böte so sehr bequem seyn, dafs sie unmöglich zu verwechseln ist. Von diesem Punkte ging ich daher aus, und bestimmte seine Höhe über dem jetzigen Meeresspiegel, wie er sich bei vollkommen stiller Luft und im Monat März des Jahres 1830 darbot, mit Sorgfalt. Diese Höhe fand ich genau 10 englische Fufs, so dafs wir also annehmen müssen, dafs in dem Jahr 1805 das Meer um 10 Fufs höher stand als jetzt. Derselbe Augenzeuge bezeichnete mir noch ein Paar Punkte an der Stadtmauer, bis zu welchen früher (1805) das Wasser stand; sie befanden sich in der Höhe von $10\frac{1}{2}$ und

11 engl. Fuſs über dem Stande von 1830. Beide Höhen stimmen ziemlich mit der früher hergeleiteten überein, jedoch ziehe ich die erste Bestimmung diesen beiden letzten vor, weil jener Punkt am Felsen schärfer bezeichnet war als diese letzten an der Mauer. Wir werden es also als erwiesen ansehen können, daſs das Niveau des See's damals um 10 Fuſs höher gestanden habe als jetzt, und daſs diese Höhe eher etwas mehr als weniger betrage. Wann aber eigentlich das Wasser zu sinken *angefangen* habe, konnte der Befragte mir nicht mehr mit Bestimmtheit angeben; er behauptete nur, daſs erst im Jahr 1817 die in der Bai von Baku versunkene Karavanserai, von der späterhin noch ausführlicher die Rede seyn wird, beim Wellenschlage hervorzutauchen, bald wieder unter der Oberfläche zu verschwinden angefangen habe. Bei ruhigem Wasser ragt die höchste Spitze derselben jetzt um 4 Fuſs aus dem Wasser hervor; allein um hieraus auf die Höhe des Wasserspiegels im Jahr 1817 schlieſsen zu können, müſste man wissen, wie tief das Meer durch die Wellen hier aufgewühlt werde, und ob bestimmt kein Theil der jetzt aus dem Wasser hervorragenden Mauern durch Stürme und Wellenschlag herabgeworfen worden sey. — Mit mehr Bestimmtheit werden wir über diesen Punkt nach einer andern Aussage entscheiden können, die ich aus dem Munde eines astrachanischen Kaufmanns habe, der jährlich dieses Meer bis Baku und Sallian hinunter beschiffte, und, nach der Vorsichtigkeit bei seinem Urtheile und nach dem Zeugnisse mehrerer Einwohner Baku's zu urtheilen, sehr zuverlässig zu seyn schien. Sein Name ist Semen Prokofjew; und seine Aussage war, daſs vor dem Jahre 1817 die Meereswellen die Mauern von Baku bespühlten, daſs aber seit diesem Jahre die Oberfläche des Wassers gesunken sey bis zum Jahre 1824, wo sie eine Zeit lang stille stand, daſs sie aber in den letzten Jahren wie-

der falle. — Hiermit sehr wohl vereinbar ist Gamba's Ausspruch in seiner Reisebeschreibung *), daſs dieses Fallen des Meeresniveau seit vier Jahren vor seiner Ankunft in Baku (welche im Jahre 1820 stattfand) besonders bemerkbar sey. Folglich hat es im Jahr 1816 begonnen und nach Gamba 3 Fuſs in vier Jahren betragen, denn wo vor 1816 Schiffe von 18 Fuſs Tiefe segeln konnten, da konnten es im Jahr 1820 nur solche, die ein Fahrwasser von 15 Fuſs brauchen. Wir können also aus allen bisher angeführten Beobachtungen und Aussagen den Schluſs ziehen, daſs seit dem Jahre 1816 ein Sinken des Meeresspiegels bei Baku stattgefunden, und daſs dasselbe bis zum Jahre 1830 10 Fuſs betragen habe (eher mehr als weniger). Vielleicht hat es schon einige Jahre früher begonnen; allein auf weniger bemerkbare Weise als seit 1816. Dieses Sinken ist nicht gleichmäſsig vor sich gegangen, wie der oben angeführte Stillstand im Jahre 1824 anzudeuten scheint **).

Auſser in Baku ist mir das Sinken des Meeresniveau in den letzten Jahren auch an andern Orten, durch die mich meine Reise längs dem westlichen Ufer des kaspischen Meeres hinauf bis Astrachan führte, bestätigt

*) *Voyage dans la Russie etc., par* Gamba. *T. II p.* 307.

**) Hiernach zu berichtigen ist eine Bemerkung über diesen Gegenstand, welche ich in einem Briefe an Hrn. v. Humboldt aussprach, und welche dieser berühmte Reisende in seinem so eben erschienenen Werke: »*Fragments de Géologie et de Climatologie asiatiques*« aufzunehmen gewürdigt hat. Ich gab dort das Sinken des kaspischen Meeresniveau seit dem Jahre 1805 auf 10 Fuſs an, ich hätte mich aber ausdrücken müssen: »das Meer *steht jetzt* um 10 Fuſs niedriger als im Jahr 1805«, ohne zugleich zu sagen, die Abnahme der Höhe habe mit dem Jahr 1805 begonnen und bis zum Jahre 1830 fortgewährt, wie dieses sich aus den Worten meines Briefes zu ergeben scheint. Als ich denselben schrieb, waren mir die beiden zuletzt angeführten Data nicht so gegenwärtig, wie jetzt, da ich mich eine Zeit lang ausschlieſslich mit dem Gegenstande beschäftigt habe. Ich benutzte damals nur die Aussage Schdanows. (Vergl. d. Ann. Bd. XXIII (99) S. 302. *P.*)

Digitized by Google

worden, namentlich in Derbend, Kislar und Astrachan. Ich konnte aber keine Angaben finden, aus denen ich mir ein Maafs dieses Sinkens für eine bestimmte Zeit ableiten könnte. Derbend liegt zwar am Meere, wenigstens erstrecken sich die berühmten Mauern dieser Stadt bis dahin; allein die Häuser der Einwohner sind doch über eine Werst weit vom Ufer entfernt, das überdiefs nicht felsigt ist, sondern aus Sand mit Muscheltrümmern besteht. Daher liefs sich hier schon im Voraus eine genaue Messung der Höhenabnahme nicht erwarten. Die Mauern, welche sich früher weit in's Meer hinein erstreckten, kann man jetzt längs dem Ufer trocknen Fufses umgehen, jedoch trug hierzu nicht blofs das Sinken des Meeresspiegels bei, sondern auch die Zerstörung eines Theils dieser Mauern, dort wo sie das Wasser berührten, und die schon oben hier gerade als besonders erwiesene Sandanspühlung, so dafs sich über die Gröfse der Abnahme der Wasserhöhe aus diesem Allen nichts Bestimmtes schliefsen läfst.

Hr. v. Humboldt erwähnte in der Rede, die er hier in St. Petersburg in der öffentlichen Sitzung der Academie der Wissenschaften hielt, ebenfalls des gegenwärtigen Sinkens des kaspischen Meeres an seinen nördlichen Ufern, von welchem er auf seiner sibirischen Reise Nachrichten einsammelte. Endlich theilt Eichwald in dem Auszuge seiner Reisebeschreibung, welcher sich in den geographischen Ephemeriden vorfindet *), die Bemerkung mit, dafs die Tiefe des Meeres bei der Astrabadschen Küste seit einigen Jahren vor seinem Aufenthalt in der dortigen Gegend (d. h. vor dem Ende des Jahres 1825) ungemein abgenommen habe. Diese Abnahme findet sich daher sowohl an der westlichen, als auch an der nördlichen und südlichen Küste des kaspischen Meeres bestätigt. Wir haben also aus allen bisherigen

*) Geograph. Ephemerid. Bd. XXIV S. 407.

Untersuchungen das Resultat erhalten, *dafs das kaspische Meer an allen seinen Küsten seit dem Jahr* 1816 *an Höhe abgenommen habe, und dafs diese Abnahme bis zum Jahr* 1830 *zehn Fufs betrage, eher mehr als weniger.*

Nachdem ich in Baku alle die Data gesammelt hatte, die uns zu dem so eben ausgesprochenen Resultate geleitet haben, ging meine nächste Absicht dahin, künftige Beobachter in den Stand zu setzen, die Veränderungen des Niveau des kaspischen Meeres seit meinem Dortseyn mit noch mehr Sicherheit, als es mir möglich war, zu beobachten. Ich liefs deshalb zwei eiserne Bolzen von 2 Fufs Länge und 2½ Zoll Breite und Dicke schmieden, vergofs dieselben mit Blei in Löchern, welche zu dem Endzweck in den Muschelkalk hineingeschlagen worden waren, so dafs nur ein Ende von 2 Zoll aus dem Felsen hervorragte. Eins dieser festen Zeichen wurde nahe bei der Stadt errichtet, ein anderes auf der Insel Nargen, welche in der Bai von Baku, etwa 10 Werst von der Stadt entfernt liegt. Die Höhe des ersten, bei Baku gelegenen, über dem Wasserstande des kaspischen Meeres vom Jahr 1830 betrug 5 Fufs 11,85 Zoll englisch vom untern Rande des hervorstehenden Würfels an gerechnet, die Höhe des zweiten auf der Insel Nargen aber 4′ 8″. Ich bedauere nur, dafs ich diese Zeichen nicht höher über dem damaligen Wasserstande errichten konnte; allein ich fand in gröfserer Höhe keinen Fels, der die gehörige Festigkeit gehabt hätte, und von dem das Nivellement bis zum Ufer ohne bedeutende Schwierigkeit hätte gemacht werden können. Auch der Fels, in welchen diese Bolzen eingelassen wurden, hat nicht die Festigkeit, die hierfür wünschenswerth wäre; allein es war der härteste Muschelkalk, der sich in der Nähe der Küste findet. Ueber die Auffindung dieser Zeichen werde ich das Nähere in der vollständigen Beschreibung meiner Reise bekannt machen, und besonders für das mehr ver-

Digitized by Google

steckte auf Nargen eine kleine Zeichnung der Bai, in welcher ich es angebracht habe, hinzufügen.

Wenden wir uns nun zum zweiten Hauptheil dieser Abhandlung, und wollen wir eine längere Zeit zurück, als 25 Jahre, über die Veränderung des Niveau des kaspischen Meeres etwas ergründen, so müssen wir auf diejenigen Nachrichten zurückgehen, die uns ältere Reisende hierüber gegeben haben. Hierbei stofsen wir auf so verschiedene, sich scheinbar widersprechende Angaben, dafs wir an der Ausmittlung der Wahrheit glauben verzweifeln zu müssen; indessen wird eine, in chronologischer Ordnung gegebene, Zusammenstellung des uns theils aus Volkssagen, theils durch Berichte der Reisenden Bekannten zuletzt doch einiges Licht über diesen Gegenstand verbreiten und uns zu einem genügenden Resultate führen. Bei dieser Zusammenstellung werde ich wiederum aus den schon oben angeführten Gründen zuerst die Angaben, welche sich auf Baku beziehen, anführen, und dann auf die übrigen übergehen; vor Allem aber mufs ich dasjenige erwähnen, was sich über die Veränderungen der Ufer des kaspischen Meeres in Zeiten, die vor der Erbauung Baku's anzunehmen sind, muthmafsen läfst. Es ist bekannt, dafs Pallas *) bereits die Hypothese aufgestellt hat, das kaspische Meer habe in früheren Zeiten mit dem schwarzen oder eigentlich Asovschen Meere Zusammenhang gehabt, eine Meinung, welcher Kephalides **) beistimmt, und welche er mit vielen Gründen unterstützt; ja letzterer sucht auch noch darzuthun, dafs dieser Zusammenhang sich bis auf den Aralsee erstreckt habe. Die Hauptgründe, die Pallas für diese seine Hypothese, der man einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit nicht absprechen kann, anführt, sind von der Beschaffenheit des Bodens zwischen dem schwar-

*) Pallas Reise, Bd. III S. 569.

**) Kephalides, *de histor. mar. Casp. p.* 158.

zen und kaspischen Meere, in der Steppe, die der Manitsch und die Kuma durchströmen, hergeleitet. Diese ganze Gegend ist nämlich flach, und nur mit niedrigen Hügeln des reinsten Flugsandes bedeckt, in welchem man zahlreiche Muschelschalen, die sowohl dem schwarzen als kaspischen Meere gehören, vorfindet; häufig finden sich in dieser Steppe Salzseen, ja der ganze Boden scheint mit Salz gesättigt zu seyn. Ferner spricht für die Hypothese die vollkommene Identität der Fische und Muschelarten beider Meere, und endlich fehlt es sogar nicht an historischen Zeugnissen, die dafür zu zeugen scheinen. Pallas führt als solches folgende Stelle des Stritter*) an: Ein gewisser Priscus nämlich, welcher eine Gesandtschaft begleitete, die der König Theodosius II. im Jahr Chr. 449 an den Attila sandte, beschreibt den Weg, den die Scythen und Hunnen zu nehmen pflegten, um in Persien einzufallen, folgendermafsen: »Sie brachen von der Gegend um den Don auf, durchzogen zuerst eine Wüste oder Steppe, und nachdem sie einen Sumpf passirt waren, kamen sie während funfzehn Tagen über ein Gebirge; nach Beendigung eines noch eben so grofsen Weges langten sie endlich in Medien an.« Dieser Sumpf nun existirt jetzt in jener Gegend nicht mehr, wahrscheinlich war er ein Ueberbleibsel jenes breiten Kanals, welcher das kaspische Meer früher mit dem Asovschen verband, und zur Zeit jener Streifzüge der Hunnen noch nicht völlig ausgetrocknet war. — So viel über die Pallas'sche Hypothese; wir gehen jetzt auf andere Data über, die sich gleichfalls auf eine frühere Periode (vor Baku's Erbauung) beziehen. Hieher gehört die in Baku allgemein verbreitete und mir von mehreren dort lebenden Personen wiederholte Sage: vor langer Zeit habe das Meer 20 Werst vom Lande weiter zurückgestanden als

*) *Memoriae populor. olim ad Danub. ect incolentium e script. histor. Byzant. erutae a* J. G. Strittero. *T. I p.* 513.

Digitized by Google

jetzt, und die Inseln Nargen und Wulf *), so wie Swätoi und Schiloi seyen Theile des festen Landes gewesen; einst aber sey das Meer plötzlich weiter vorgedrungen und habe der Küste diejenige Gestalt gegeben, die sie jetzt noch zeigt. Für die Wahrheit dieser Sage sprechen mehrere Umstände. In der Bai von Baku ragen jetzt noch die Spitzen eines Gebäudes aus dem Wasser hervor, das wahrscheinlich ein ehemaliges Karavanserai vorstellte, und das ich in den letzten Tagen meines Aufenthalts in Baku besuchte. Es ist ein langes Viereck von NW. nach SO. sich erstreckend (also in der Richtung der gegenüberliegenden Küste), und von einer, noch jetzt in ihrem unter dem Wasser gelegenen Theil überall zusammenhängenden Mauer gebildet. Seine Länge ist etwa 150 F., seine Breite 25. Das Gebäude hat acht Thürme, von welchen zwei einander diagonal entgegengesetzte, an den Ecken befindliche breiter sind als die übrigen. Diese zwei sind inwendig hohl, während die sechs kleinen voll gewesen zu seyn scheinen. Bei meinem Besuche ragten sieben Thürme aus dem Wasser hervor, einer der gröſseren aber nicht; dieses Hervorragen betrug bei ruhigem Wasser an den höchsten runden kleinen Thürmen 4 F., bei dem gröſseren 3 Fuſs 5 Zoll (Alles nach englischem Maaſse). Die Mauern sind aus Muschelkalkstein, und, wie es mir schien, ohne allen Kitt aufgeführt, und haben eine Dicke von 4½ Fuſs; die gröſseren Thürme haben 15 Fuſs im äuſseren Durchmesser. Die Tiefe des Wassers, in 25 Fuſs Entfernung vom Gebäude, betrug 10 Fuſs; näher herzu ist dieselbe geringer, wegen der in's Wasser gestürzten Trümmer des oberen Theils der Mauern.

Ein ähnliches unter dem Wasser stehendes Karavanserai fand Eichwald **) an der Ostküste dieses Mee-

*) Hiermit zu vergleichen ist Lerch's Aussage in Büsching's Magazin. Bd. III p. 15.

**) Geograph. Ephemeriden. Bd. XXIV S. 406.

res bei dem sogenannten Silberhügel; er betrachtet es als zu den Ueberbleibseln des ehemaligen berühmten *Emporium Abosgum* gehörig.

Um aber auf unsere obige Sage zurückzukommen, so gewinnt sie noch dadurch an Wahrscheinlichkeit, dafs auf der Insel Nargen Spuren eines Weges zu bemerken sind, welche von den zweirädrigen, in den kaukasischen Provinzen überall gebräuchlichen Lastwagen, den Arben, dem Erdreich eingedrückt worden sind. Dieser Weg führt der Insel entlang auf das Dorf und Vorgebirge Schichu los, welches die Endspitze des südlichen Ufers der Bai von Baku bildet. Bei meinem Besuche auf der Insel fand ich allerdings diese Spur, aber so sehr verwischt, dafs, wenn ich nicht mit Absicht darnach gesucht hätte, ich sie schwerlich bemerkt haben würde. Der gemeine Mann behauptet jedoch in Baku allgemein, diese Spur sey gar nicht zu verkennen, und die Sicherheit dieser Behauptung mag bei ihm wohl mit durch Ueberlieferung aus früherer Zeit, wo sie noch deutlicher zu erkennen war, herrühren. Diese Spur und ihre Richtung in's Meer hinein giebt allerdings ein sehr gewichtiges Argument für eine frühere Verbindung der Insel mit dem Festlande ab, da die Insel in ihrem jetzigen Zustande ihres geringen Umfanges und ihrer spärlichen Vegetation wegen nicht bewohnt und auch nicht wohl bewohnbar ist, wenigstens wäre, selbst wenn sie beständige Einwohner gehabt hätte, ein Fuhrwerk auf derselben ganz überflüssig und unbrauchbar gewesen. — Dafs sie aber einmal bewohnt gewesen sey, dafür sprechen aufserdem noch einige in den Fels gehauene viereckige Vertiefungen, die wahrscheinlich als Cisternen dienten, als welche sie bereits von Lerch *) erwähnt werden. Aus allem diesem folgt aber, dafs die Oberfläche des Meeres bei Baku einmal gestiegen sey; und weil die Tiefe

*) Büsching's Magazin, Bd. III S. 15 und 16.

Digitized by Google

Tiefe des Meeres zwischen Nargen und Schichu jetzt im Maximum 50 Fufs beträgt, so mufs jenes Steigen wenigstens eben so hoch angeschlagen werden. Dafs dasselbe aber vor sehr langer Zeit stattgefunden habe, kann man schon daraus schliefsen, dafs sonst wohl dieses Factums bei irgend einem der orientalischen Schriftsteller Erwähnung geschehen worden wäre. Ja schon die Lage und Bauart Baku's zeugt dafür, dafs dieses Ereignifs vor der Gründung der jetzigen Stadt geschehen sey. — Es lehrt nämlich der blofse Anblick der Stadt, dafs sie zu einer Hafenstadt angelegt worden ist. Die Seemauer biegt sich nach der Krümmung des Ufers, und an dem südlichen Ende der Stadt läuft eine Mauer gerade in die See hinein, und diente früher bei höherem Wasserstande offenbar dazu, um einen Theil des Hafens als einen bequemen Ankerplatz der Schiffe von dem übrigen abzuschneiden, wie solches sichtbar ist in der Abbildung dieser Stadt, die Kämpfer in seinen *amoenit. exotic.* uns nachgelassen hat. Die nächste Angabe, die sich auf die Wasserhöhe des kaspischen Meeres bezieht, ist die uns von Bakui *) (vom Jahre 1400) hinterlassene, dafs das Meer einen Theil der ehemaligen Stadt verschlungen, und zu seiner Zeit bei der Moschee gestanden habe. Diese Höhe würde nach meinen Messungen an Ort und Stelle ungefähr 15 Fufs über dem Meeresniveau von 1830 betragen. Die Erwähnung aber einer Verschlingung der älteren Stadt durch die Wellen scheint es zu bestätigen, dafs schon zu seiner Zeit die oben beschriebene Karavanserai in der Bai von Baku angetroffen worden sey.

Kämpfer **), bei seiner Beschreibung Baku's im Jahre 1685, drückt sich unter andern folgendermafsen aus: »*Duo urbis latera fluctus alluunt, unum, quod*

*) *Notices et mémoires des manuscr. de la biblioth. du Roi. T. II. p.* 509.

**) Kämpfer, *amoenit. exotic. p.* 268.

portum excipit, alterum, quod aperto mari objicitur.« Dieses wird noch deutlicher durch seine Abbildung der Stadt, die er der Beschreibung beigefügt hat, und wo man deutlich sieht, wie das Meer damals die Südmauer der Stadt bespühlt und bis zu dem Hügel hinauf gereicht habe, auf welchem jetzt das unterirdische Hauptreservoir oder der Hauptkeller der schwarzen Naphtha angelegt ist. — Diese Höhe, so weit ich sie aus der Abbildung und meinen Messungen verschiedener Punkte an der Südseite der Stadt ungefähr berechnen kann, mag etwa 14 Fuſs über dem Stande von 1830 betragen haben.

Im Jahre 1727 besuchte Gärber die Stadt Baku und sagt über dieselbe Folgendes *): »Die Stadt liegt nahe an der See, und weil das Ufer daselbst flach ist, so gehen die Stadtmauern bis in die See hinein. Die Schiffe haben daselbst eine bequeme Anfahrt und können unmittelbar vor der Stadt anlegen.« Nach dieser Bemerkung läſst sich schlieſsen, daſs zu seiner Zeit das Wasser die Mauern bespühlt, also wenigstens 10 Fuſs höher gestanden habe, als ich seinen Stand beobachtete.

Lerch spricht bei der Beschreibung von Baku **), während seiner ersten Reise nach Persien, die er im Jahre 1732 vollführte, folgendermaſsen in Bezug auf diesen Gegenstand: »Die unterste Mauer, vorn an der See, steht jetzt im Wasser; vor 30 Jahren war es aber da noch trocken, wo sie steht.« Weiter heiſst es: »Es sind von dem Zunehmen und Aufschwellen des kaspischen Meeres bei Baku deutliche Spuren zu bemerken; die zwei Mauern zu beiden Seiten der Stadt« (schon in Kämpfer's Abbildung sieht man, daſs nur eine solche Mauer an der Südseite vorhanden war, wie es auch noch jetzt der Fall ist) »erstrecken sich 60 Schritte in die See hinein, die doch ohne Zweifel anfangs auf dem trocknen

*) Müller's Sammlung russischer Geschichte, 4r Th. S. 129.

**) Büsching's Magazin, Bd. III S. 15.

Digitized by Google

Ufer erbaut worden. Einige wollen daraus billig schliefsen, dafs das Meer keinen Abflufs unter der Erde habe, wie man vor Alters glaubte.« Dieses Raisonnement ist nicht richtig, denn die an der Südseite in's Meer hineinlaufende Mauer war im Gegentheil gerade dazu bestimmt, so weit hineinzureichen und einen noch sichereren Hafen von der Bucht abzuschneiden, als die Natur ihn liefert, sonst hätte diese Mauer gar keinen Zweck. Das zeigt auch schon der Anblick der Kämpfer'schen Abbildung. In Derbend haben wir einen ganz ähnlichen Fall, auch dort liefen die Mauern weit in's Meer hinein, so dafs der von ihnen eingeschlossene Hafen durch eine zwischengehängte Kette gesperrt werden konnte. — Nichts destoweniger ist das Factum, dafs das Wasser vor 30 Jahren die Seemauern nicht bespühlte, nach dieser ausdrücklichen Erwähnung wohl nicht zu bezweifeln, obgleich es auffällt, dafs Gärber hierüber nichts sagt. — Wie tief das Wasser aber niedriger gestanden habe, als im Jahre 1732, läfst sich hier auf keine Weise ausmitteln. Wir werden aus den Angaben an andern Orten sehen, dafs bei dem niedrigsten Stande der Unterschied seines Niveau von dem des Jahres 1830 nicht sehr bedeutend gewesen ist. Wir können also aus dem von Lerch Gesagten schliefsen, dafs im Jahr 1733 das Wasser gegen 10 Fufs über der Höhe von 1830 gestanden habe, dafs aber die Oberfläche desselben im Anfange des 18. Jahrhunderts niedriger gewesen sey, vielleicht nicht höher als gegenwärtig. In Hinsicht auf die Zeit dieses tieferen Standes herrscht aber Ungewifsheit, da Lerch diese erste Reise schrieb, nachdem er die zweite 1747 bereits vollendet hatte, wie aus einigen Zeilen weiter, als die angeführte Stelle *), deutlich erhellt. Er kann daher unter *jetzt* eben sowohl 1732 als 1747 meinen, wo dann der niedrige Stand entweder 1702 oder 1717 statt fand.

*) Siehe die Folge dieser Abhandlung, wo von Lerch's Aussage über die Meerestiefe von Astrabad die Rede ist.

— In seiner zweiten Reise *) (1747) sagt Lerch von Baku zwar nur: »Die Schiffe können ganz nahe anlegen«; allein wir können schliefsen, dafs das Wasser damals bei dieser Stadt beinah eben so hoch gestanden habe, als 1732, weil er eines bedeutenden Unterschiedes gewifs ausdrücklich erwähnt hätte, da man aus mehreren Stellen seiner Reise sieht, dafs er auf diesen Punkt wohl sein Augenmerk richtete. So wäre dann auch 1747 der Wasserstand um 10 Fufs höher, als bei meinem Besuche in dieser Gegend, gewesen.

Gmelin erzählt **) von Baku, wo er 1770 war: »es pflegen die Schiffe dicht vor der Stadtmauer sicher zu stehen«; welches wieder anzuzeigen scheint, dafs das Wasser bis zu ihr gereicht, also 10 Fufs höher gestanden habe als jetzt —

Bei Reinegg's ***) im Jahre 1780 heifst es: »die Stadt Baku liegt 22 Werst vom südlichen Arm des Kaukasus in einer flachhügelichten, flufs- und bachlosen Ebene, die, so wie auch die Stadt, an's Meer stöfst.« Dieses zeigt eben so, wie die Aussage Gmelin's, dafs das Wasser gegen 10 Fufs höher stand als zu meiner Zeit.

Endlich erzählt noch Gamba (1820), dafs seit vier Jahren das Meer abnehme; diese Aussage haben wir bereits für den Beweis des Fallens des Wassers in den letzten Jahren, vorzüglich von 1816 an, benutzt.

Gehen wir nun von der Höhe des Wasserspiegels im Jahre 1830 aus, indem wir diese Höhe $=0$ annehmen, und setzen wir für den Augenblick den Stand des Wassers vor Bakui, als blofs auf mehr oder weniger wahrscheinlichen Hypothesen beruhend, aus den Augen, so ergiebt sich aus den bisher benutzten Angaben für

*) Büsching's Magazin, Bd. X S. 468.

**) Gmelin's Reise, Bd. III S. 41.

***) Reinegg's Kaukasus, Bd. I S. 144.

Digitized by Google

den Wasserstand bei Baku in verschiedenen Zeiten folgendes Resultat:

Im J. 1400 (Bakui)	Höhe des Wassers	15 F.
- - 1685 (Kämpfer)	- - -	14 -
Anfang des 18. Jahrh. (Lerch)	wahrsch. nicht weit von	0 -
- - - 1727 (Gärber)	- - - -	10 -
- - - 1732 (Lerch)	- - - -	10 -
- - - 1747 (Lerch)	- - - -	10 -
- - - 1770 (Gmelin)	- - - -	10 -
- - - 1780 (Reineggs)	- - - -	10 -
- - - 1820 (Gamba)	- - - -	0 -
- - - 1830 (Lenz)	- - - -	0 -

Diese Zahlen sind begreiflicherweise nur annäherungsweise genau, jedoch ist zu bemerken, dafs aufser bei der Angabe von 1700 die Höhen eher zu klein als zu grofs angesehen worden sind. — Wir können hieraus ersehen, dafs die Höhe des Wasserspiegels im Ganzen bis zum Jahre 1700 abgenommen hat, dafs sie aber von 1700 bis 1732 gestiegen ist, und sich dann ziemlich unverändert erhielt, bis das schon oben erwiesene Sinken in neuerer Zeit eintrat. Eine regelmäfsige 30jährige Periode des Steigens und Fallens wird durch diese Uebersicht vollständig widerlegt; in der Folge aber werden wir sehen, was wahrscheinlich zu dieser Sage, die fast alle späteren Reisenden von Lerch an erwähnen, Veranlassung gab.

Ich wende mich jetzt zu denjenigen Datis, die wir von andern Orten als von Baku her haben, und werde dieselbe chronologische Folge dabei beobachten wie bisher, wenn nämlich die Angaben sich auf eine bestimmte Zeit beziehen. Hier ist nun vor Allem wichtig eine Stelle aus der Orenburgischen Topographie von Ritschkof*), weil sie, besonders mit Pallas Aussage vereinigt, sich am ausführlichsten und bestimmtesten hierüber verbreitet. Folgendes ist eine fast wörtliche Uebersetzung der hier-

*) Bd. I S. 207.

Digitized by Google

auf Bezug habenden Zeilen: »Es findet noch ein anderer merkwürdiger Umstand bei diesem Meere statt, daſs nämlich das Wasser in demselben während 30 oder 35 Jahren steige und während eben so langer Zeit wiederum falle. Einige behaupten, daſs ein solches Steigen auf 5 oder 6 Faden sich belaufe, d. h. auf circa 40 englische Fuſs. Im Jahre 1715, wie man allgemein behauptet, fing es an zu steigen, und war im Jahre 1742 am allerhöchsten; aber 1743 begann es wieder allmälig zu fallen, und 1744 war es sichtbar, daſs dieses Fallen bei den Inseln, welche der See zu lagen, ungefähr 3 Fuſs betrug; das Steigen dauerte auf diese Weise 27 Jahre. Indessen ist es nicht sehr zuverlässig, daſs das Steigen genau 1715 anfing; denn nur aus Versuchen, die mit Sachkenntniſs angestellt worden sind, kann eine solche Sache mit Sicherheit behauptet werden. Wenn ferner die Einwohner sich nicht täuschen (was bei ungebildeten Leuten leicht möglich ist), so findet bei höherem Wasser eine Zunahme von Kälte, bei niedrigerem eine Zunahme von Hitze in den Umgebungen dieses Meeres statt. Indessen ist so viel gewiſs, daſs in dem Jahre 1741 und 1742 fast alle Gartengewächse, besonders die zarten Bäume, wie Pfirsiche, Nüsse und ähnliche, erfroren; und Alle behaupten einstimmig, daſs schon seit zehn Jahren die Sommerhitze geringer sey, was einem geschickten Physiker auszumitteln bleibt.« Hiermit zu vergleichen ist was Pallas in seiner Reise über diesen Gegenstand sagt, und was ich wörtlich aus ihm entlehne *). »Die kleine Insel Kamenoi, welche an der nördlichen Seite mit ein Paar niedrigen Spitzen ausläuft, scheint jetzt überhaupt nur ungefähr zwei Ellen über die See hervorzuragen. Sie soll aber ehedem nicht nur viel gröſser, sondern auch wirklich vor fünf bis sechs Jahren merklich höher gewesen seyn. An dieser und einigen anderen Inseln hat man sowohl, als an der ganzen Gurjefschen Gegend, seit dem

*) Pallas Reise, Bd. I S. 434.

Jahre 1730 ungemeine Veränderungen durch das Zunehmen der See beobachtet. Ich will hier dasjenige anführen, was ich davon aus dem Munde eines Greises, welcher schon vor selbiger Zeit (d. h. vor 1730) in Gurjef gelebt hat, aufgezeichnet habe, obgleich es nicht völlig mit demjenigen übereinstimmt, was davon in der Orenburgschen Topographie ist gemeldet worden. Vor gedachtem 1730sten Jahre soll die Gegend um Gurjef trokken, die Ufer des Jaick (oder Ural) fast zwei Faden hoch gewesen seyn, mit welchen jetzt das Wasser beinahe gleich steht. Die grofsen Einbrüche und Busen, die sich jetzt bis nahe an Gurjef erstrecken, sind gar nicht vorhanden gewesen. Die See war zwischen der Insel Kamenoi und dem festen Lande so flach, dafs man zuweilen, wenn ein Nordwind das Wasser vertrieb, zu Fufs hinüber waten konnte. Aufser dieser Insel, die zu selbiger Zeit mehr als vier Mal gröfser war, befanden sich noch drei andere Inseln nicht weit von der Jaikschen Mündung, nämlich: Petschannoi (die sandige), ungefähr 25 Werst von Kamenoi weiter in die See hinein; Kaminin, östlich in einer geringen Entfernung vom Ausflufs des Jaik; und Peschnoi bei der sogenannten Gogelskaja Kossa, wo vordem ein ungemein starker Seehundsfang soll gewesen seyn. Nach dem Anwachsen der See aber, welches im Frühling des vorgedachten merkwürdigen Jahres auf 6 Faden soll betragen haben, sind die Inseln nicht wieder zum Vorschein gekommen. In eben diesem Jahre ist in diesen Gegenden der Schneefall, der bis dahin, wie der Winter überhaupt, sehr gering war, so stark gewesen, dafs der Schnee den Mauern der Festung gleich gelegen. Vorher dauerte der rechte Winter zwei Monate und die Schifffahrt war vom März bis zum Januar offen; nachher sind die Winter strenger und anhaltender geworden, und das Eis steht nunmehr viel länger. Doch ist diese Kälte auch mit erfolgter Abnahme der See wieder etwas gemindert worden. Diese

Digitized by Google

Abnahme hat bis etwa vor drei Jahren gedauert (1766), und seitdem merkt man, dafs die See wieder wächst. — Bei dem niedrigsten Wasser aber soll doch noch ein Unterschied von beinahe 2 Faden gegen die vorige Beschaffenheit geblieben seyn. — Wegen der abwechselnden Winde, die das Wasser bald an der nördlichen Küste anhäufen, bald vertreiben, läfst sich übrigens von der Ordnung des Steigens und Fallens der See nichts Gewisses bestimmen; ja es ist auch vielleicht gar keine Ordnung darin, sondern Alles von dem Zuflufs des Wassers aus den Flüssen, und folglich von der allgemeinen Witterung gewisser Jahre abhängig.«

So weit Pallas; vergleichen wir diese Angaben mit den kurz vorher citirten aus der Orenburgschen Topographie, so finden wir zwischen beiden darin Uebereinstimmung, dafs ungefähr in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts ein bedeutendes Steigen des kaspischen Meeres stattgefunden habe, welches bei beiden bis auf 6 Faden oder bis circa 40 Fufs angegeben wird; allein in Hinsicht auf die Zeit weichen sie sehr von einander ab. Nach der Topographie fing das Steigen 1715 an und dauerte bis 1742, nach Pallas erreichte es seine höchste Höhe 1730; dort wird nur angegeben, dafs das Wasser 1744 wieder um 3 Fufs gefallen war, nach Pallas aber nahm es bis 1766 ab, und stieg dann wieder; jedoch erwähnt er, dafs es selbst beim niedrigsten Stande noch um 2 Faden höher stand, als vor dem grofsen Steigen. Ueberhaupt sieht man aus Pallas Beschreibung selbst, dafs das Fallen sehr unbedeutend gewesen seyn müsse, denn er fand drei Jahre nach dem niedrigsten Stande, als man eben erst wieder ein Steigen zu bemerken anfing, die Ufer des Jaik oder Ural fast mit dem Meer gleich hoch und die Insel Kamenoi vier Mal kleiner, als sie vor dem Steigen gewesen seyn soll; die Topographie schweigt gänzlich über ein bis zu ihrer Zeit (1762) fortgesetztes Fallen, nur während des Jahres 1744 fand es

nach ihr statt, und betrug 3 Fuſs. — Endlich wird nur dann der Unterschied der Angaben in den beiden angeführten Stellen begreiflich, wenn man den Stand des Wassers von 1730 bis 1743 als fast constant voraussetzt, kleine Unterschiede abgerechnet, die jährlich in diesem Meere stattfinden, und ihren Ursprung in der verschiedenen Richtung der Winde und dem hygrometrischen Zustande der Jahreszeiten haben. Was aber die Angabe der Höhe auf 40 Fuſs betrifft, so ist sie auf jeden Fall sehr übertrieben. Dieses ist schon daraus klar, daſs das Meer in diesem Falle vor dem Steigen, namentlich am nördlichen Ufer, mehrere Werste weiter von den jetzigen Küsten zurückgestanden haben müſste, wodurch die Schifffahrt fast gänzlich unmöglich gemacht worden wäre. Auch widerspricht die Aussage sich geradezu selbst. Vor dem Steigen betrug die Höhe der Ufer des Ural 2 Faden, nach demselben waren sie fast mit der See gleich hoch, was also ein Steigen von nicht 2 Faden begründen würde. Doch, glaube ich, selbst diese Höhen sind noch etwas zu hoch angegeben, und man kann das Steigen auf nicht mehr als 10 Fuſs anschlagen. Ich habe mich durch häufige Erfahrungen davon überzeugt, wie die dortigen Einwohner die Höhe der Ufer fast immer überschätzen; das zeigte sich mir namentlich bei Nargen und bei den Thürmen der Karavanserai, die in der Bai von Baku unter dem Wasser liegt. Bei dieser letzteren wurde der aus dem Wasser hervorragende Theil mir fast einstimmig auf 7 bis 8 Fuſs hoch angegeben, während sich die Höhe bei der Messung, wie ich bereits oben erwähnte, an ihren höchsten Punkten nur auf 4′ 5″ englisch beläuft. — Hiernach wird man auch wohl von der Höhe der ehemaligen Ufer des Jaik, die 14 englische Fuſs betragen haben soll, einige Fuſs abrechnen müssen. Uebrigens ist es von keiner bedeutenden Wichtigkeit, ob die Zunahme der Höhe 10 oder 14 Fuſs betragen habe; nur die Höhe von 40 Fuſs ist sehr über-

Digitized by Google

trieben. Es scheint sich aus dem bisher Gesagten so viel als das Wahrscheinlichste zu ergeben:

1) Das kaspische Meer ist in dem ersten Drittheile des 18. Jahrhunderts bedeutend gestiegen.
2) Nach diesem Steigen ist es vielleicht etwas gefallen, aber auf jeden Fall sehr unbedeutend.
3) Das Steigen kann nicht viel mehr als 10 Fufs betragen haben.
4) Das Steigen des Meeres ist von strengen Wintern begleitet gewesen, welche nachgelassen haben, sobald es aufhörte.

Vergleichen wir diese Resultate mit den bei Baku erhaltenen, so finden wir auch dort im Anfange des 18. Jahrhunderts einen niedrigen Stand durch Lerch angemerkt, so dafs diese Facta sehr wohl mit einander übereinstimmen; die Zeit des höchsten Standes pafst ebenfalls sehr wohl, besonders zu Pallas Angaben; denn 1732 fand auch Lerch das Wasser wieder an den Mauern von Baku; übrigens ist nichts in seiner Angabe, was einem fortgesetzten nur unbedeutenden, Steigen bis 1743 entgegen wäre. Jedoch ein beträchtliches Sinken bis 1766 wird durch Gmelin, bei welchem sich sogar eine Abbildung der von den Wellen bespühlten Stadt findet, vollständig widerlegt. — Wir wollen aber, ehe wir in unseren Schlüssen weiter gehen, erst die Angaben anderer Schriftsteller über diesen Gegenstand berücksichtigen.

Lerch spricht ebenfalls von Beweisen eines Anschwellens der See *), wovon ich einige bereits erwähnt und deren Ungrund gezeigt habe; dazu gehört der Umstand, dafs die Mauern Baku's an der Südseite der Stadt in's Meer hineinlaufen, was Lerch für einen Beweis vom Steigen des Wassers hält, was es aber keineswegs ist. Ferner sagt er: »In Gilan, unweit Rescht, ist ein Busen 20 Werst lang, in welchem die russischen Schiffe noch

*) Büsching's Magazin, Bd. III S. 15.

vor 20 Jahren bei der Halbinsel Ensely bis Peribasar einfahren konnten, welches jetzt aber nicht mehr möglich ist, wie ich 1747 bemerkt habe. Die Schiffe müssen 3 Werst davon vor Anker liegen. — Bei Astrachan, am Ausfluſs der Wolga, war auf der Insel Jarky ein groſses Magazin; es muſste aber in den letzten Jahren verlassen werden, weil die See den Ort nach und nach überschwemmte. Wenn den Einwohnern von Baku zu glauben ist, so hat in alten Zeiten das Land an dem groſsen Dorfe Schich-Derewna auf der Halbinsel rechter Hand (der südlichen Endspitze der Bai von Baku) mit der Insel Nargen zusammengehangen, welche jetzt bis 3 Werst von einander liegen, da die Schiffe durchfahren. Es ist die Zunahme der See auch deswegen sehr glaublich, weil, auſser der Wolga, aus dem hohen kaukasischen und hyrkanischen Gebirge sehr viel Flüsse in die See sich ergieſsen, welche unmöglich, obgleich die Hitze groſs ist, wieder ausdünsten können.«

Hierüber läſst sich Folgendes bemerken: der erste Umstand, daſs die Bai von Rescht allmälig flacher wurde, so daſs sie nicht, wie früher, von Schiffen befahren werden kann, würde offenbar eher ein Fallen der See beweisen, auf keinen Fall aber ein Steigen; ich glaube indessen, daſs auch jenes nicht die wahre Ursache der Verflachung der Bai bei Rescht ist, sondern daſs dieselbe von Sandanschwemmungen durch die Meereswellen abzuleiten sey, wie solches von der Rhede von Derbend erwiesen ist. Jedenfalls ist ein Flachwerden der Meerestiefe an den Ufern kein Beweis, der für irgend etwas entschiede; etwas anderes wäre es, wenn ein Sinken des Meeresspiegels an der Küste beobachtet worden wäre. Was das Magazin am Ausfluſs der Wolga betrifft, so ist die Zeit nicht genau angegeben, wo es abgebrochen werden muſste; vielleicht fällt sie mit dem vorher erwähnten Steigen bis zum Jahre 1743 zusammen, vielleicht aber wurde die Insel durch die Fluthen der Wolga all-

Digitized by Google

mälig fortgespühlt. Also auch hieraus läſst sich nichts Gewisses ableiten.

Der Sage eines früheren Zusammenhanges der Insel Nargen mit dem Vorgebirge Schichu habe ich schon oben ausführlicher erwähnt; die Zeit dieses Zusammenhanges ist aber offenbar sehr weit zurückzusetzen, wie auch schon Lerch selbst mit den Worten »in alten Zeiten« bemerkt. Endlich wird die Unmöglichkeit einer so starken Verdunstung des Wassers, daſs sie den Zufluſs der Flüsse compensire, in den spätern Jahren durch die That widerlegt. Wir sind also durch die Bemerkungen Lerch's auf keine neuen Erscheinungen in Hinsicht der Veränderungen des Niveau des kaspischen Meeres geführt worden, die sich nicht auf die bereits früher erlangten Resultate zurückführen lieſsen.

In Hanway's Reise*) findet sich über den uns interessirenden Gegenstand Folgendes, was ich bis auf einige Abkürzungen derjenigen Stellen, die nicht zur Sache gehören, hier wörtlich anführe: »Als die Russen zuerst anfingen die kaspische See zu befahren, wovon man glaubt, daſs es um das Jahr 1556 gewesen sey, so fanden sie nur 5 Fuſs Wasser auf beinahe 9 Meilen gegen Süden und Südost von Tschetiri Bugri (am Ausfluſs der Wolga). — Peter der Groſse fand 1722 in derselben Entfernung nur 6 Fuſs Wasser, so daſs er seine Flotte, die aus kleinen Fahrzeugen bestand, ziemlich weit vom Lande absegeln lassen muſste. — Nahe bei Tschetiri Bugri ist jetzt 12 Fuſs Wasser (Hanway war 1743 dort) .... Das Wasser ist innerhalb 30 Jahren stark gestiegen, und hat an der russischen Seite, ungefähr in 20 Werst von der Mündung der Wolga und Astrachan, beides an der Ost- und Westseite des groſsen Kanals dieses Flusses, stark um sich gegriffen. Auch hat diese See die Perser eben so wenig geschont; denn es wird zuverlässig berichtet, daſs im Anfang dieses Jahrhunderts

*) Hanway's Reise, Bd. I S. 129.

Digitized by Google

das Land auf ungefähr 8 engl. Meilen an der Seite des Flusses Longorood (in der Nähe von Rescht an der Südwestküste) trocken und wohl bewohnt gewesen sey. Diefs glaube ich um so viel mehr, weil die Spitzen einiger Häuser noch zu sehen sind, wenn das Wasser nur einige Fufs tief ist. Eben dasselbe wird von Astrabad (an der Südostküste) berichtet, wo die Einwohner versichern, dafs noch innerhalb 50 Jahren durch die Bai Esel haben gehen können, und jetzt hat man daselbst 2 Klafter Wasser. Capitain Woodroof hat dasselbe (1743) zu Balkhan (an der Ostküste) gehört, so dafs keinesweges zu zweifeln ist, dafs die grofsen Flüsse Wolga, Jaik, Jamba, Sambur, Kura, Sefiet Rood und andere kleinere eine unermefsliche Menge Wasser hineingebracht haben, welches von der Sonne nicht wieder in Dünsten herausgezogen wird, und dieses ist eben, was die Einwohner an den Küsten unruhig macht.« — Zuletzt schreibt Hanway dieses Steigen der See noch den *seit einiger Zeit gemäfsigteren Sommern* zu.

Diese ganze Aussage Hanway's bestätigt vollkommen die Zunahme der See vom Anfange des 18. Jahrhunderts an bis gegen das Jahr 1743, und beweist noch aufserdem, dafs diese Zunahme an allen Küsten des kaspischen Meeres bemerkt wurde, an der westlichen, südlichen, östlichen und nördlichen. Wenn die Nachricht über Astrabad zuverlässig ist, dafs nämlich an der Stelle der Bai, wo gegen das Jahr 1700 Esel durchgehen konnten, im Jahre 1743 sich 2 Klafter tiefes Wasser befand, so müfste die Zunahme ungefähr 10 Fufs betragen haben, was mit unserem oben erhaltenen Resultate sehr wohl übereinstimmt. — Was aber die unter dem Wasser befindlichen Gebäude betrifft, so möchte es wohl nicht anzunehmen seyn, dafs sie durch das Steigen des Wassers im Anfang des 18. Jahrhunderts verschlungen wurden (das würde ja ein Steigen von mehr als 40 F. voraussetzen), sondern ihr Untergang gehört wohl in eine

viel frühere Periode, wahrscheinlich in eine und dieselbe mit dem der Karavanserai bei Baku und bei dem Silberhügel, wovon weiter oben die Rede gewesen ist. Eben dasselbe gilt, meiner Meinung nach, auch von der Erzählung Gamba's *), dafs es eine Sage gebe, man habe ehemals längs dem Meere von Sallian bis Lenkoran gereiset, auf einem Wege, der heut zu Tage zum Theil von den Meereswellen bedeckt ist.

Endlich füge ich noch zu dem bisher Erwähnten die Ansicht Gmelin's **) hinzu, da sie in der That viel Wahres enthält, und dem von mir weiter oben Bemerkten zur Bestätigung dienen kann: »Nun noch einige Worte von dem Steigen und Fallen der kaspischen See. Es ist zuverlässig, dafs solches seine Richtigkeit habe, aber ganz ungegründet, dafs die Natur mit demselben eine gewisse Ordnung beobachte. Wie an den Ufern dieser See grofse und kleine, merkliche und unmerkliche, steile und niedrige Sandberge entstehen, und wie solche bei veränderten Umständen wieder vergehen, so verhält es sich auch mit den Inseln. Es kommt Alles auf die Witterung und auf die Winde an, und die sich in die See stürzenden Flüsse tragen zu diesem Phänomen gleichfalls ein Nambaftes bei.«

Das bisher Erwähnte enthält meines Wissens alle Aussagen, die sich über das Steigen und Fallen des kaspischen Meeres vorfinden; denn was etwa neuere Reisende hierüber noch erwähnen, beruht auf eben diesen Aussagen der älteren Autoren. Wir sind durch dieselben auf das Hauptresultat eines bedeutenden Steigens des Meeresspiegels im Anfang des 18. Jahrhunderts geleitet worden. — Nun sehen wir aber aus der Angabe Kämpfer's und seiner deutlichen Abbildung der Stadt

*) Gamba, *voyage etc.*, *T. II p.* 307.

**) Gmelin's Reise, Bd. III S. 267.

Baku, dafs noch im Jahre 1686 das Wasser bei dieser Stadt sehr hoch gestanden habe, es folgt also unwiderleglich hieraus, dafs es von diesem Jahre bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts bedeutend *gefallen* sey; dafs also dem eben nachgewiesenen *Steigen* ein wenigstens eben so grofses *Sinken* des Wasserspiegels vorangegangen sey. — Wir finden dieses Sinken zwar sonst nirgends ausdrücklich erwähnt; allein als ein zweiter Beweis dafür kann uns die oft schon angeführte und fast von *allen* Schriftstellern wiederholte Sage einer 30jährigen Periode des Steigens und Fallens des Niveau des kaspischen Meeres dienen. Diese so allgemein verbreitete Sage mufs auf irgend einem Factum beruhen, es mufs irgend einmal eine solche Periode stattgefunden haben, durch welche die Einwohner voreilig auf eine hierbei vorwaltende Regelmäfsigkeit zu schliefsen veranlafst wurden, wie das bei Leuten, die durch keine wissenschaftliche Bildung vorsichtig gemacht worden sind, ja ganz gewöhnlich ist. Da wir nun später eine solche Periode nicht finden, und da überhaupt dieser Sage schon von Hanway im Jahr 1743 Erwähnung geschieht, als das Wasser ungefähr wieder seine höchste Höhe erreicht hatte, so führt uns dieses nothwendig zu der Annahme, dafs dem Steigen im 18. Jahrhundert ein Sinken vorausgegangen seyn müsse, welches, so wie jenes, circa 30 Jahre gedauert hat, und wirklich ist zwischen Kämpfer's Anwesenheit in Baku (1685) und dem Jahre 1715, wo nach der Orenburgschen Topographie das Steigen anfing, gerade ein Zeitraum von 30 Jahren enthalten.

Bevor ich nun zu dem letzten Zusammenfassen des bisher Erwiesenen schreite, mufs ich noch eines Factums erwähnen, welches mit dem so eben Ermittelten nicht in Uebereinstimmung zu seyn scheint, nämlich des Verschlingens der alten Stadt Terek durch die Meereswogen. Diese Stadt, über welche sich ausführliche Nach-

Digitized by Google

richten in **Müller's** Sammlung russischer Geschichte *) finden, lag am Ausfluſs des Flusses Terek, aber 4 Werst von der See (Bd. IV S. 404) auf einer Insel, die von zwei Armen des Tereks gebildet wurde. **Peter der Groſse** fand ihre Lage so ungünstig, daſs er beschloſs sie an einen andern Ort zu verlegen; sie lag nämlich zwischen Schilf und Sumpf. Im Jahr 1728 wurde sie daher geschleift und ihre Einwohner zogen zuerst nach der 80 Werst davon neu angelegten Festung Swätoi Krest am Sulak, und, als dieser Ort später (1736) ebenfalls zerstört ward, nach Kislar. **Müller** schreibt an einer andern Stelle (Bd. IV S. 10, Anmerk.) im Jahre 1760: »Jetzt ist die Gegend, wo das ehemalige Terek lag, ganz unter Wasser.« Dieses Verschwinden der Stätte des alten Terek, wenn es wirklich einem Steigen des kaspischen Meeres zugeschrieben werden soll, steht ganz isolirt da, da es statt fand, als das Meer bereits seine höchste Höhe erreicht hatte. Ich glaube aber, daſs an demselben nicht sowohl das Meer, als vielmehr der Fluſs Terek, der bekanntlich seinen Lauf mehr oder weniger bei seinem Ausflusse ändert, schuld sey. Die beiden Arme desselben, welche die zwischen Sumpf und Schilf liegenden Ruinen der alten Stadt umflossen, spühlten die zwischenliegende Insel allmälig fort, was ihnen jetzt wahrscheinlich noch dadurch erleichtert ward, daſs in dem unbewohnten Ort Niemand durch künstliche Mittel dem Zerstören des Flusses Einhalt thun konnte; vielleicht war es gerade durch diese Trümmer der Stätte der ehemaligen Stadt, daſs der Fluſs sich allmälig seine damalige Mündung so verstopfte, daſs er gezwungen wurde, sich einen andern, mehr nördlichen, Ausfluſs zu durchbrechen, den er gegenwärtig noch hat. Für diese meine Ansicht spricht eine Stelle

aus

*) **Müller's** Sammlung russischer Geschichte, Bd. IV S. 9, 10, 17, 153, 404 bis 409, und Bd. VII S. 112, 519.

aus Gamba's Reise *), die wahrscheinlich auf Aussagen der dortigen Einwohner beruht. Es heifst dort wörtlich: »*Cette ville* (*Tarkou*) *ne doit pas être confondue avec un autre Tarki, que les géographes anciens plaçaient vers l'embouchure du Terek et qui n'existe plus aujourd'hui, »les eaux de ce fleuve« et les guerres ayant occasionné sa destruction.*« Ich selbst konnte in jenen Gegenden nichts vom alten Terek mehr erfahren; die dortigen Einwohner sprechen zwar von den Ruinen einer alten Stadt, allein nach genaueren Erkundigungen war hier unstreitig Swätoi Krest am Sulak gemeint.

Ueberblicken wir zuletzt Alles, was sich aus dem Bisherigen ergab, so werden wir zu folgenden Resultaten geführt:

Zu einer Zeit, die genau anzugeben unmöglich ist, die aber wenigstens vor dem Jahre 500 angenommen werden mufs, hat das kaspische Meer mit dem Asovschen und mit dem Aralsee zusammengehangen. Diefs ist die Hypothese von Pallas, für die aber Gründe sprechen, welche sie äufserst wahrscheinlich machen.

Zu einer Zeit, die ebenfalls sehr weit zurückgesetzt werden mufs und wenigstens vor Erbauung des jetzigen Baku fällt, hat an den südlichen Küsten des kaspischen Meeres ein sehr bedeutendes Steigen seiner Oberfläche stattgefunden, welches wenigstens auf 50 Fufs angeschlagen werden mufs. Dieses ergab sich aus dem sehr wahrscheinlichen früheren Zusammenhange Nargens mit dem Festlande, aus den in der Bai von Baku, am Silberhügel und bei Rescht unter Wasser stehenden Gebäuden u. s. w.

Nachdem die Oberfläche aber einmal diese Veränderungen erlitten hatte, ist ihre Höhe *im Ganzen* ziemlich gleich geblieben, jedoch scheint aus Bakui's und Kämpfer's Angabe ein geringes allgemeines Fallen sich zu ergeben, so dafs die mittlere Höhe des 18. Jahrhun-

*) Gamba, *Voyage etc. T. II p.* 351.

derts niedriger ist als im Jahre 1400 (um etwa 5 Fuſs), wo das Wasser noch bei der Moschee stand, also, wie es scheint, in den Straſsen der jetzigen Stadt.

Von diesem gleichen Stande im Allgemeinen können aber zwei temporäre Ausnahmen mit Sicherheit nachgewiesen werden. Vom Jahre 1685 etwa bis gegen 1715 fiel das Wasser um etwa 10 Fuſs und stieg wieder bis zum Jahre 1743. Dann erhielt es sich ohne *bedeutende* Veränderungen in derselben Höhe bis 1816, von welchem Jahre an ein merkliches, aber nicht durchaus regelmäſsiges Fallen bis zum Jahre 1830 von mir nachgewiesen und mit Sicherheit auf 10 Fuſs berechnet worden ist.

Das sind die Resultate, die sich aus der Gesammtheit aller bisher über das Steigen und Sinken des kaspischen Niveau angestellten Beobachtungen herleiten lassen; es bleibt mir nur noch übrig einige Betrachtungen über die Ursachen dieses merkwürdigen Phänomens hinzuzufügen. Ich fange mit der Periode des Steigens und Fallens, die um das Jahr 1700 stattfand, und mit den Veränderungen in den letzten Jahren an, da diese beiden Phänomene aus historischen Datis nachgewiesen werden können, während die früheren auf einer, wenn auch wahrscheinlichen, Hypothese beruhen.

Diese beiden erstgenannten Phänomene nun haben im Ganzen vollkommene Aehnlichkeit mit einander, sobald man annimmt (was aus dem Folgenden sehr wahrscheinlich werden wird), daſs dem jetzigen Sinken des Wasserspiegels ein künftiges Steigen folgen werde; ich werde sie daher beide aus einem Gesichtspunkte betrachten und aus denselben Ursachen zu erklären suchen. Für's Erste kann man die Sache auf zweierlei Weise ansehen; man kann nämlich die Veränderung des Niveau entweder der *Wasserfläche selbst* oder den *umgebenden Ufern* zuschreiben, und im letzteren Falle annehmen, daſs das Sinken desselben nur scheinbar sey, und eigentlich in einem langsamen Erheben der Ufer, durch innere

vulcanische Kräfte, seinen Ursprung habe, so wie das Steigen desselben in einem Sinken der letzteren. Dieser Ansicht treten aber sogleich bedeutende Schwierigkeiten in den Weg. Ich habe nämlich oben nachgewiesen, dafs die Veränderungen der Wasserhöhe sowohl um das Jahr 1700, als auch in den letzten Jahren allgemein an allen Küsten dieses Meeres beobachtet worden sey; wollte man daher z. B. das Sinken einer Erhebung der Küsten zuschreiben, so würde dieses voraussetzen, dafs sich alle Küsten rund umher gegen den Mittelpunkt des grofsen Wasserbeckens erhöben; denn würde dieses blofs an einer Seite desselben geschehen, während die entgegengesetzten Ufer sich unverändert erhielten, so würde daraus bei einem geschlossenen Bassin, wie dieser Landsee eins darstellt, nothwendig ein Steigen des Wassers an den letzteren folgen. Die Ansicht einer Erhebung aller Küsten gegen den Mittelpunkt hat aber gewifs etwas sehr Unwahrscheinliches an sich. — Allein man kann die Sache noch anders ansehen, nämlich als ob sich der Boden des Meeres in der Mitte desselben allmälig senke, und auf diese Weise würde die Erklärung des Phänomens allerdings viel einfacher werden. Dieser Ansicht steht zwar im Anfang des 18. Jahrhunderts das, nach dem Sinken, wieder erfolgte Steigen des Wassers bis auf ungefähr dieselbe Höhe entgegen; es scheint nämlich, als müfste zur Erklärung desselben der so eben gesunkene Boden sich wiederum erhoben haben; ein solches abwechselndes Steigen und Fallen des festen Bodens hat aber nicht viel Wahrscheinliches für sich, und wir finden kein analoges Beispiel dafür an andern Orten. Allein bei weiterem Nachdenken werden wir finden, dafs wir desselben überhaupt zu der von uns gesuchten Erklärung gar nicht bedürfen. Wir haben nämlich oben bereits erwähnt, dafs das kaspische Meer ohne alle Verbindung sey mit irgend einem anderen Meere, dafs also das von den Flüssen zugeführte Wasser nur durch Verdunstung

Digitized by Google

entweichen könne, d. h. wir müssen annehmen, dafs der sich während eines Jahres bildende Wasserdunst einer Oberfläche, gleich der des kaspischen Meeres bei seinem Normalstande, gerade eben so viel tropfbares Wasser entziehe, als ihr von den, in diesen See sich ergiefsenden, Flüssen zugeführt wird. Sobald daher die Oberfläche kleiner wird, kann auch die Verdunstung nicht mehr so viel betragen, während doch der Zuflufs derselbe bleibt, das Wasser mufs also dann allmälig wieder steigen. Eine solche Verringerung der Oberfläche findet aber natürlicherweise statt, sobald sich dieselbe durch ein Sinken des Bodens von den alten Ufern zurückgezogen hat; wenn daher das Sinken des Bodens aufhört, wird in den nächsten Jahren ein allmäliges Steigen der Wasseroberfläche darauf folgen, bis dieselbe wiederum ihre normale Ausdehnung erlangt, d. h. bis sie wieder die alte Höhe an den Ufern erreicht hat. Jedoch auch diese Ansicht bietet immer noch Schwierigkeiten dar, die dazu beitragen, sie weniger wahrscheinlich zu machen. Nehmen wir zuerst an, der ganze Boden senke sich, so müfste dieses Sinken während der Periode des Steigens und Fallens im Anfang des 18. Jahrhunderts etwa 10 F. betragen, und die durch die Sonde bestimmten Meerestiefen müfsten sich nach dem nachherigen Steigen um eben so viel vergröfsert haben. Diese Zunahme der Tiefen ist aber nicht bemerkt worden, wo man auch das Senkblei hinabgelassen hat, wenigstens findet sich nichts dem Aehnliches erwähnt; es könnte sich also nur der Theil des Bodens gesenkt haben, wo die Tiefen nicht bestimmt worden sind, nämlich die Mitte des grofsen Landsees. Dann mufs aber begreiflicherweise diese Senkung auf viel mehr als 10 Fufs berechnet werden; die Zunahme der Tiefe nach dem Steigen an diesen Stellen wird sich zu 10 F. verhalten, wie sich die ganze Oberfläche des Wassers zu der des sich senkenden Theils verhält; wäre es also $\frac{1}{8}$ der Oberfläche (was gewifs nicht zu wenig angenommen

ist), was sich senkte, so wäre die Zunahme der Tiefe 80 Fufs. Man sollte aber glauben eine solche Zunahme müfste an einem oder dem andern Orte doch bemerkt worden seyn, so wie noch mehr die daraus nothwendig folgende bedeutende Abnahme der Salzigkeit des Wassers, und nur die Unvollständigkeit der Nachrichten, die man über diesen Punkt vor dem Jahre 1700 besitzt, lassen sich hiergegen in Anregung bringen, und machen, dafs die so eben entwickelte Ansicht eines Sinkens des Meeresbodens, zur Erklärung der temporären Veränderungen der Höhe seines Wasserspiegels, noch nicht geradezu zurückgewiesen werden kann. Wir können aber hoffen darüber in's Reine zu kommen, wenn, nach dem gegenwärtigen Sinken, das Wasser wieder anfangen wird zu steigen, was nach dieser Hypothese sowohl, als nach der noch anzuführenden, nothwendig wieder erfolgen mufs; wir haben nämlich jetzt genauere Angaben der Salzigkeit und der verschiedenen Tiefen dieses Meeres, so dafs wir dieselben mit den, nach dem wieder erfolgten Steigen, anzustellenden werden vergleichen und darnach entscheiden können.

Die zweite zuläfsliche Hypothese, welche das Sinken der Wasseroberfläche nicht dem Sinken des Bodens, sondern einer, eine Zeit lang, stärkeren Verdunstung derselben zuschreibt, hat aufserdem, dafs sie die einfachste und die zuerst sich darbietende ist, noch Manches für sich, namentlich den aus der Orenburgschen Topographie angeführten, und von Pallas und Hanway wiederholten Umstand, dafs nämlich das Steigen des Wassers von kälteren Jahren, als gewöhnlich und als die vorhergehenden, begleitet worden sey, und diese Bemerkung hat um so mehr Gewicht, da sie nicht gemacht wird, um einen Erklärungsgrund für das in Rede stehende Phänomen abzugeben, sondern vielmehr die gröfsere Kälte von den Einwohnern Orenburgs als *Folge* des Steigens, und nicht als Ursache angesehen wird. Was

das Sinken des Meeres in den letzten Jahren betrifft, so kann ich zwar nicht nachweisen, dafs seit dem Jahre 1816 die mittlere Temperatur des Jahres an den Küsten des kaspischen Meeres um etwas gestiegen, noch auch, dafs die Verdunstung durch andere Umstände, z. B. durch vorherrschende trockne Winde, begünstigt worden sey (dazu fehlt es gänzlich an genauen meteorologischen Beobachtungen); allein ich mufs wenigstens anführen, dafs ich im ganzen Dagestan überall klagen hörte über die schreckliche Hitze in den Sommermonaten, die bis 40° R. steigen soll, und sehr gefährliche Gallenkrankheiten zur Folge hat; ob diese Hitze in diesen Gegenden aber normal und seit dem Jahre 1816 nicht gröfser als früher geworden sey, darüber läfst sich freilich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Wir sehen also, dafs zwischen beiden möglichen Erklärungsarten bis jetzt nicht mit hinreichendem Grunde gewählt werden kann; ich bemerke nur, dafs nach beiden ein baldiges Steigen der in den letzten Jahren gesunkenen Oberfläche des kaspischen Meeres erwartet werden mufs; denn auch nach der letzteren Erklärungsart ist die stärkere Verdunstung auf keinen Fall als normal und dauernd anzusehen, und es mufs sich, sobald sie aufhört, die Ausdünstung mit dem Zuflufs der Ströme wieder in's Gleichgewicht setzen, und die Oberfläche folglich ihre alte Ausdehnung und Höhe wieder annehmen.

Zum Schlusse sey es mir noch vergönnt, auch in Hinsicht auf die, wahrscheinlich schon vor Anfang der christlichen Zeitrechnung vorgefallenen, Veränderungen der Höhe des kaspischen Meeres etwas zu sagen, und den von Pallas und Kephalides aufgestellten Hypothesen hierüber noch Einiges hinzuzufügen. Beide angeführte Schriftsteller sind über den früheren Zusammenhang des kaspischen Meeres mit dem schwarzen einig, und auch ich glaube, dafs die von ihnen angeführten Gründe die Sache sehr wahrscheinlich machen. Allein in Hinsicht

Digitized by Google

auf die Erklärung des erfolgten Aufhörens dieses Zusammenhangs differiren sie. Pallas nämlich, sich auf Tournefort's Meinung über den früheren Zusammenhang der Ufer des thracischen Bosphorus stützend, glaubt, daſs die Trennung beider Meere beim Durchbruch desselben erfolgt sey; Kephalides aber nimmt an, sie sey entstanden, als die Gegend zwischen den beiden jetzigen Meeren durch Anschwemmung der Flüsse allmälig so sehr erhöht wurde, daſs die Fluthen sie nicht mehr überströmen konnten.

Gegen beide Ansichten lassen sich mancherlei Einwendungen machen, von welchen ich einige anführen will. — Wir wissen nämlich, daſs Engelhardt und Parrot das Niveau des kaspischen Meeres um circa 300 Fuſs tiefer fanden, als das des schwarzen; um so viel müſste also das erstere Meer ehemals höher gestanden haben, als beide noch Zusammenhang mit einander hatten. Nun finden sich zwar unbestreitbar Spuren des höheren Standes an den nördlichen Küsten desselben, besonders in der Gegend des Laufes der Kuma und des Manitsch; allein keinesweges bei Baku und überhaupt an den Südküsten dieses Meeres, wo dasselbe doch gleichfalls weit in's Land hineingereicht, und sein früheres Daseyn auf ähnliche Weise, als an den Nordküsten, bezeichnet haben müſste; das Nichtvorhandenseyn solcher Spuren widerstreitet also dem ehemaligen höheren Stande des Wassers in der südlichen Hälfte dieses Meeres. Ja wir haben in dem Obigen nachgewiesen, daſs in dieser Südhälfte des kaspischen Beckens nicht nur kein Sinken anzunehmen sey, sondern daſs im Gegentheil eine Menge Facta dafür sprechen, daſs daselbst ehemals ein Steigen des Niveau stattgefunden habe, welches wenigstens auf 50 angeschlagen werden muſs. — Endlich aber ist es nicht zu begreifen, wie das kaspische Meer nicht einen höheren Grad von Salzigkeit habe, als wir in der That an seinem Wasser bemerken. Es ist nämlich klar, daſs

Digitized by Google

bei dem ungeheuren Umfange, den dasselbe haben mufste, als seine Höhe 300 Fufs über der jetzigen betrug, und der, nach Pallas Verzeichnung der ehemaligen nördlichen Gränzen desselben, wenigstens auf das Dreifache von dem jetzigen angeschlagen werden kann, die Verdunstung viel stärker gewesen seyn mufs, als der Zuflufs der Ströme; daraus folgt aber nothwendig ein Zuströmen der Gewässer des Asovschen Meeres in's kaspische und folglich für letzteres eine bedeutende Salzigkeit. Wenn daher nach der Trennung das kaspische Meer, durch Verdunstung des bei weitem gröfseren Theils seines Wassers, die jetzige Gröfse bekam, so müfste man in der That erwarten, dafs es viel mehr Salztheilchen in seinem Wasser aufgelöst enthielt, als dieses der Fall ist.

Alle diese Gründe zusammengenommen führten mich auf eine Hypothese, die mir die so eben erwähnten Schwierigkeiten zu beseitigen scheint, und die in dem Folgenden enthalten ist.

Zuvörderst läfst sich zeigen, dafs das Steigen der Wasserfläche um 50 Fufs nur ein scheinbares gewesen seyn könne, d. h. dasselbe vielmehr einem Sinken desjenigen Bodens, an welchem es beobachtet worden ist, zugeschrieben werden mufs. Denn entweder fand dasselbe statt, noch ehe die Trennung des schwarzen und kaspischen Meeres vor sich gegangen war, oder nach dieser Zeit; in beiden Fällen setzt es voraus, dafs die Wasserfläche einmal um wenigstens 50 Fufs niedriger gestanden habe, als jetzt. Dieses kann vor der Trennung beider Meere nicht der Fall gewesen seyn, da im Gegentheil die Oberfläche damals über 300 Fufs höher gestanden haben mufs, als gegenwärtig; nach der Trennung aber kann ein so niedriger Stand ebenfalls nicht zugestanden werden, oder es müfsten sich damals nicht alle die Flüsse hineinergossen haben, die jetzt diesem Meere ihr Wasser zuführen, da die gegenwärtige Oberfläche gerade die Gröfse hat, um eine, zur Compensation des Zu-

flusses, hinlänglich starke Verdunstung möglich zu machen. Wir sind also gezwungen dasjenige Steigen der Oberfläche des kaspischen Meeres, wovon in diesem Augenblick die Rede ist, einem Sinken des Bodens zuzuschreiben. Daſs aber ferner dieses Sinken nicht ein bloſs partielles derjenigen Orte, wo man die Spuren desselben vorfindet (bei Baku, Rescht und dem Silberhügel) gewesen sey, sondern sich vielmehr auf die ganze Gegend der Südhälfte des kaspischen Meeres erstreckt habe, dafür scheint z. B. bei Baku die regelmäſsige, ganz und gar nicht unterbrochene Schichtung des Muschelkalks, wie ich sie auf Nargen, gegen das Vorgebirge Schichu zu beobachtet habe, zu sprechen; so wie auch der gute Zustand der unter Wasser stehenden Karavanserai auf kein stürmisches Einstürzen, sondern vielmehr auf ein langsames, über eine weite Strecke hin sich verbreitendes, Einsinken hindeutet. Das Letztere läſst sich auch von den übrigen unter Wasser gesetzten Gebäuden sagen, und es ergiebt sich daher ohne Zwang die Hypothese eines ehemaligen weit verbreiteten, besonders die Südhälfte des kaspischen Beckens betreffenden, *Sinkens des Bodens.* Wir haben uns hiernach den Hergang der Sache folgendermaſsen zu denken:

Das tiefere Niveau des kaspischen Bodens unter dem schwarzen und Asovschen Meere fand nicht von Anfang statt, sondern früher stand diese Gegend gegen 300 Fuſs höher, so daſs das ehemalige kaspische Meer eine ganz andere Gestalt hatte, als das jetzige; gegen Norden ward es ungefähr durch die ihm von Pallas vorgezeichneten Gränzen eingeschlossen, gegen Süden reichte es nicht weit in sein jetziges Becken hinein, gegen Westen aber stand es durch einen Kanal, der die Stelle des jetzigen Manitsch und der Kuma einnahm, mit dem Asovschen Meere in Verbindung; in diesen ergoſs sich damals der Don. Als die Trennung beider Meere erfolgte, sey es durch den Durchbruch des ehemals verschlossenen Bosphorus,

Digitized by Google

wie Pallas meint, oder sey es durch allmäliges Anschwemmen von Sand und die dadurch erfolgte Erhöhung des Thales des jetzigen Manitsch und der Kuma (welcher letzteren Ansicht von Kephalides ich übrigens den Vorzug zu geben nicht anstehen würde), so behielt das kaspische Meer im Ganzen seine alte Gestalt bei, bis durch eine vulkanische Operation das so eben nachgewiesene Sinken des jetzigen kaspischen Beckens, und besonders der südlichen Hälfte, bis zu seiner jetzigen Tiefe erfolgte; das Wasser drang dadurch nach Süden vor, überschwemmte die auf diesem Landstriche gelegenen Dörfer und Städte, deren einzelne Trümmer jetzt noch unter der Oberfläche sichtbar sind, und entblöfste dagegen im Norden einen grofsen Theil seines ehemaligen Bodens, der daher auch jetzt noch die Spuren seines früheren submarinischen Zustandes aufweiset. Mit der Zeit nahm dasselbe die Höhe an, die es noch gegenwärtig besitzt, und welche, ohne eine neue vulcanische Katastrophe, nur geringen und momentanen Veränderungen ausgesetzt seyn kann, da gegenwärtig Verdunstung und Zuflufs der Ströme sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Wenn diese Ansicht auch natürlich immer nur Hypothese bleibt, so räumt sie doch die oben erwähnten Schwierigkeiten aus dem Wege, namentlich die sonst so schwer zu vereinigenden Anzeichen eines ehemaligen höheren Standes in der Steppe der Kuma und des Manitsch, und des um mehr als 350 Fufs niedrigeren an den Südküsten dieses Meeres; es scheint mir daher nothwendig, sie der Hypothese von Pallas hinzuzufügen, da diese letztere nur mit ihr in Verbindung für haltbar erachtet werden kann. Ich habe also keinen Anstand genommen, diese meine Ansicht hier auszusprechen, und sie dem Urtheile der Naturforscher und Geographen zu unterwerfen.

Digitized by Google

II. *Ueber den Mittelstand des Barometers am Meeresufer;* *von J. F. Schouw, Professor.*

Nicht selten ist man, bald durch theoretische Gründe, bald durch die Unterschiede, welche Barometer-Beobachtungen, an verschiedenen, am Meeresgestade belegenen Orten angestellt, darbieten, zu der Annahme einer ungleichen mittleren Barometerhöhe gelangt. Nichts destoweniger wurde eine solche Annahme dadurch zweifelhaft gemacht, daſs die Unterschiede in der Regel nicht so groſs waren, als daſs sie füglich aus dem Mangel an Uebereinstimmung der Instrumente, oder an genauer Angabe der Höhe des Barometers über der Meeresfläche, aus fehlender oder unzuverlässiger Correction für den Einfluſs der Wärme und der Capillarität erklärt werden könnten. Dieses konnte um so eher geschehen, da die Abweichungen keine Regel darzubieten schienen. Die mehrsten Physiker, selbst der neueren Zeit, sind daher der Meinung gewesen, entweder daſs die mittlere Barometerhöhe am Meere überall dieselbe *), oder daſs die Frage bis jetzt unentschieden sey **).

In Gilbert's Annalen, Bd. 25 S. 330 (1807), machte v. Buch darauf aufmerksam, daſs neunjährige, von dem Probste Herzberg in Hardanger in Norwegen, angestellte Beobachtungen nur einen Mittelstand von 335''',85 Par. Maaſs geben. — Da indessen die Abwei-

*) Daniell, *Meteorological essays and observations, p.* 93. — Bericht über die Reise von Duperrey. — Ferussac, *Bulletin des Sciences math.* 1825, *p.* 304—305.

**) Humboldt, *Voyage. Partie hist. T. XI p.* 1. (Diese Ann. Bd. 12 S. 399.) Kämtz, Meteorologie, Bd. 2 (1832) S. 290.

chung von dem sonst als gewöhnlich angenommenen Mittelstande nur gering war, die Capillarität wahrscheinlich nicht berücksichtigt, und es ferner nicht bemerkt war, auf welchen Thermometergrad die Barometerstände reducirt waren; so war, wie schon Humboldt bemerkte *), diese Thatsache für sich nicht hinreichend, entweder eine locale Depression, oder eine allgemeine Abnahme gegen den Polarkreis zu beweisen.

Gröfser wurde die Wahrscheinlichkeit einer ungleichen mittleren Barometerhöhe, durch die, ebenfalls von v. Buch, gelieferten Nachrichten über den Mittelstand des Barometers auf den canarischen Inseln **). Denn nicht nur gaben seine eigenen Beobachtungen auf Gran Canaria, vom 21. Juli bis 10. Aug. 1815, einen Mittelstand von 339''',09, sondern Escolar's dreijährige Beobachtungen auf Teneriffa lieferten 338''',44 als Medium, und mehrere andere einzelne Beobachtungen deuteten gleichfalls auf einen sehr hohen Mittelstand. — Es liefse sich jedoch gegen die aus Escolar's Beobachtungen gezogene mittlere Höhe der Einwurf machen, dafs sie nicht aus allen Beobachtungen, sondern nur aus den monatlichen Extremen gezogen war, und gegen die übrigen, dafs sie selbst für die Breite der canarischen Inseln einen zu kurzen Zeitraum umfassen.

Als ich im Frühjahr 1824 einige Wetterbeobachtungen untersuchte, welche der Landphysikus von Island, Thorstensen, mit Instrumenten der Königl. Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Näs bei Reikiavig angestellt hatte, war es mir auffallend zu bemerken, dafs die Barometer-Beobachtungen ein sehr niedriges Mittel gaben. Unser Oersted, dem ich dieses mittheilte, machte

*) In einer Note zu der gedachten Notiz von v. Buch.

**) Bemerkungen über das Klima der canarischen Inseln. *Abhandlungen der Berliner Academie* aus den Jahren 1820 und 1821. Berlin 1822.

Digitized by Google

mich darauf aufmerksam, dafs er schon früher, durch Untersuchung von mehreren meteorologischen Journalen aus Grönland, ebenfalls einen ungewöhnlich niedrigen Mittelstand des Barometers bekommen hatte. — Auch Thorstensen hatte, einer Note in seinem Journale zufolge, dieses Phänomen selbst bemerkt. — Obschon kein Grund vorhanden war, an der Genauigkeit des von Thorstensen benutzten Barometers zu zweifeln, um so weniger als es mit dem Barometer eines Reisenden, des Secretairs Mörck, übereinstimmend gefunden worden war, schlug ich doch, um in dieser Hinsicht völlige Gewifsheit zu erhalten, der Gesellschaft vor, ein anderes Instrument zur Vergleichung nach Island zu schicken, und nachdem die von Thorstensen vorgenommene Vergleichung den unbeschädigten Zustand des älteren Instruments aufser allen Zweifel gestellt hatte, theilte ich in dem Program der Gesellschaft 1825, in Froriep's Notizen, 1825, No. 255, und in meiner dänischen Meteorologie (1826) dem Publico als eine merkwürdige Thatsache mit: dafs die Barometer-Beobachtungen von Thorstensen während drei Jahre (1822 bis 1825) einen Mittelstand von 333''',95 bei 0° R. gaben, und fügte die Bemerkung hinzu, dafs die zweijährigen Beobachtungen des Capitain v. Scheel in Eyafiord an der Nordküste von Island 333''',93 lieferten, und dafs mehrere Beobachtungsreihen an verschiedenen Orten in Grönland gleichfalls einen ungewöhnlich niedrigen Stand voraussetzten.

Diese Thatsachen und die früher von v. Buch angeführten leiteten natürlich zu der Frage, ob diese Abweichungen in der mittleren Barometerhöhe nur als local, oder als Folgen allgemeiner Naturgesetze zu betrachten wären; und da in den mehrsten Fällen nur dann eine völlige Gewifsheit zu erreichen ist, wenn die Barometer, welche zu den an mehreren Orten angestellten Beobachtungen gebraucht sind, unter sich verglichen werden, so benutzte ich die Gelegenheit zu einer solchen Verglei-

chung, welche meine Reise in Italien in den Jahren 1829 und 1830 darbot. Ich führte auf dieser Reise zwei Barometer mit; das eine von Smith in Copenhagen verfertigte benutzte ich zu Höhenmessungen, das andere von Newmann, das mir der Etatsrath Schumacher überliefs, blieb auf der Reise stets in den gröfseren Städten, theils um mit demselben correspondirende Beobachtungen für meine Höhenmessungen, während meiner Bergreisen, anstellen zu lassen, theils um es nicht den auf Fufsreisen unvermeidlichen Gefahren auszusetzen. — Mit diesem letzteren Barometer habe ich nun sowohl die auf mehreren Observatorien in Italien benutzten Barometer unmittelbar verglichen, als auch am Meere stationäre Beobachtungen gleichzeitig mit den Beobachtungen auf den dortigen Sternwarten angestellt. Ich hatte das Glück, das Instrument durchaus unbeschädigt nach Altona wieder zurückzubringen.

Die Bildung einer meteorologischen Committee in der Gesellschaft der Wissenschaften zu Copenhagen, die Vertheilung von Instrumenten an Beobachter in den dänischen Colonien und an Reisende, boten neue Mittel dar, jene Frage über den mittleren Barometerstand zu entscheiden.

Die Resultate meiner Untersuchungen über diesen Gegenstand gedachte ich theils in meinem Werke über Italiens Clima, theils in der Fortsetzung der *Collectanea meteorologica* der Copenhagener Gesellschaft zu liefern; da aber jetzt, durch die Mittheilungen Erman's in diesen Annalen, Bd. XXIII S. 121, die Frage über die mittlere Höhe des Barometers zur Sprache gekommen ist, ziehe ich es vor die Hauptresultate jetzt dem Publico zu übergeben.

Einen sicheren Mittelstand erhält man für einen gegebenen Ort bekanntlich nur dann, wenn die Beobachtungsreihe einen hinreichenden Zeitraum umfafst. Dieser mufs um so bedeutender seyn, als der Ort vom Aequa-

tor weiter entfernt ist, weil die Veränderlichkeit des Barometers mit der Entfernung vom Aequator zunimmt. Nachstehende Beispiele von der Veränderlichkeit unter verschiedener Breite mag zur ungefähren Bestimmung des, zu einem sicheren Medio, erforderlichen Zeitraums leiten *):

Beobachtungsort.	geogr. Breite	Unterschied d. unter sich meist abweichenden jährlich. Media.			monatlichen Media.		
Näs auf Island	64°	8 Jahre		1''',80	12 Jahre		15''',92 **)
Copenhagen .	56	12	-	1 ,82	11	-	11 ,39
Altona	$53\frac{1}{2}$	6	-	1 ,18			
Paris	49	11	-	1 ,56	11	-	7 ,53
Bologna . . .	$44\frac{1}{2}$	4	-	0 ,82	5	-	6 ,15
Neapel	41	7	-	0 ,94	7	-	6 ,06
St. Thomas .	19				1	-	1 ,75
Christiansborg auf Guinea	$5\frac{1}{2}$				22 Monate		1 ,92 ***)

Es versteht sich übrigens, daſs kürzere Beobachtungsreihen von demselben oder nahe gelegenen Orten durch ihre gegenseitige Uebereinstimmung gröſseres Zutrauen erhalten.

*) *Näs,* Thorstensen's Beobachtungen im Manuscript. — *Copenhagen,* Wildring, af Veierligets Tilstand i Danmark, S. 416 und 427. — *Altona,* Astronomische Nachrichten, Bd. 8 No. 187. — *Paris,* Bouvard, *Mém. sur les obs. météor.* — *Bologna,* Caturegli's Beobachtungen im Manuscript. — *Neapel,* Brioschi's Beobachtungen in *Calendario di Napoli.* — *St. Thomas,* Dr. Hornbeck's Beobachtungen im Manuscript. — *Christianborg,* Trentepohl's und Chenon's Beobachtungen, ebenfalls im Manuscript.

**) Das höchste monatliche Medium 340''',64, das niedrigste 324''',72.

***) Diese und andere innerhalb der Wendekreise angestellte Beobachtungen zeigen: daſs die Veränderungen bedeutender sind als man gewöhnlich annimmt. Nach Ferrer's Beobachtungen in Havana, in den Jahren 1810 bis 1812, war der Unterschied des höchsten und niedrigsten Barometerstandes 13''',72. (*Connaissance des temps,* 1817, *p.* 338.)

Digitized by Google

In der heifsen Zone darf man den jährlichen Gang des Barometers nicht übersehen. Diesem zufolge ist der Mittelstand in den Regenmonaten niedriger als in den trocknen Monaten. In einigen Gegenden steigt der Unterschied der Monate bis zu 7''',5 *). — Wenn folglich die Beobachtungsreihe nicht ein ganzes Jahr oder Monate verschiedener Jahreszeiten umfafst, oder solche Monate, deren Mittel, nach anderen Beobachtungsreihen, dem jährlichen sich nähert, darf man sie erst benutzen, nachdem eine passende Correction angewandt ist.

Auch der Einflufs der Beobachtungsstunden mufs berücksichtigt werden, weil das Barometer einem täglichen Gang unterworfen ist, und dieser Einflufs ist um so gröfser, je näher der Beobachtungsort dem Aequator liegt. Nach einer von Humboldt gelieferten Tafel **) kann der mittlere tägliche Spielraum des Barometers (der Unterschied zwischen 9 Uhr Vormittag und 4 Uhr Nachmittag) folgendermafsen bestimmt werden:

0°	Breite	1''',13
28 bis 30	-	0 ,63
43 - 45	-	0 ,48
48 - 49	-	0 ,34
55	-	0 ,09 ***).

Da die, bei stationären Beobachtungen, benutzten Barometer, wenn auch in der Nähe des Meeresufers aufgestellt, doch höher stehen, als die Meeresfläche selbst, so wird eine genaue Bestimmung dieser Höhe in den mehrsten Fällen durchaus nothwendig. Sehr ist es daher

*) Humboldt, *Voyage*, *T. X p.* 448. — v. Buch, über die subtropische Zone (diese Ann. Bd. XV S. 356).

**) Humboldt, *Voyage*, *T. X p.* 456 u. f.

***) Diese letztere Zahl ist wahrscheinlich zu niedrig; denn Neuber's Beobachtungen in Apenrade (55°) geben 0''',17 (*Collectanea meteorologica*, *Fasc. I p.* 189), und Forbes's bei Edinburgh (56°) 0''',12 (*Edinb. Journal of science*, 1832, *April*).

Digitized by Google

her zu bedauern, daſs bei so vielen publicirten Wetterbeobachtungen die Angabe der Höhe des Barometers entweder gänzlich vermiſst, oder diese Höhe nur nach unsicheren Datis oder auf ein Ungefähr angegeben wird. Beobachtungen aus Orten, die nicht in der Nähe des Meeres liegen, sind in der Regel für unsern Zweck ganz unbrauchbar; weil die Höhe selten genau bestimmt und gewöhnlich nach dem in hypsometrischen Schriften angenommenen Mittelstande berechnet ist, und folglich das voraussetzen, was wir hier suchen.

Obschon es hinlänglich bekannt ist, daſs Barometerstände nur dann unter sich vergleichbar sind, wenn sie, mittelst Angabe eines am Barometer selbst angebrachten Thermometers, auf dieselbe Temperatur reducirt werden, so kommen doch nicht nur in älteren, sondern selbst in den neuesten meteorologischen Journälen uncorrigirte Barometerstände vor, oder es wird nicht bemerkt, ob sie corrigirt sind, und man kann sie in diesem Falle nicht einmal mit Hülfe der sonst bekannten Mittelwärme des Ortes corrigiren. Ist es auch bekannt, daſs die Barometerstände nicht corrigirt sind, so wird die Correctur, mittelst der mittleren Wärme in kälteren Climaten, zweifelhaft, wenn man nicht zugleich weiſs, ob das Instrument im Winter in einem geheitzten oder ungeheitzten Zimmer aufgestellt gewesen ist; ein Umstand, der besonders auf hohen Breiten oft einen nicht unbedeutenden Einfluſs auf das Medium haben kann.

Aehnliche Schwierigkeiten entstehen hinsichtlich der Capillarität. Häufig wird ihrer gar nicht erwähnt; auch nicht der Durchmesser der Röhre angegeben. Man weiſs dann nicht, ob die Correction bereits angewandt, oder vielleicht überflüssig ist; weil schon bei Einstellung der Röhre darauf Rücksicht genommen ist.

Endlich steht der Vergleichung von Barometer-Beobachtungen dadurch noch ein bedeutendes Hinderniſs im Wege, daſs die Instrumente selbst Unterschiede darbie-

ten. — In so fern haben die auf Seereisen unter verschiedenen Breiten mit demselben Instrumente gemachten Beobachtungen einen bedeutenden Vorzug; in der Regel aber sind sie nur dann brauchbar, wenn sie innerhalb der Wendekreise, oder bis zu 30 bis 35° der Breite, angestellt sind, wo die unregelmäſsigen Veränderungen des Barometers weder groſs, noch häufig sind; auſserhalb dieser Breite aber, selbst wenn sie einen Zeitraum von Monaten umfassen, *ohne alle* Bedeutung. Hier wird dagegen die Vergleichung der Instrumente wichtig, und liefert das sicherste Mittel zur Lösung unsrer Aufgabe. Wo eine solche Vergleichung fehlt, kann nur genaue Beschreibung und bekannte Güte der Instrumente, die Uebereinstimmung verschiedener Beobachtungsreihen an demselben oder an nahe liegenden Orten, oder endlich eine Abweichung des Mittelstandes, die zu groſs ist, um aus dem Unterschiede der Instrumente herzurühren, einen bedeutenden Grad von Wahrscheinlichkeit hervorbringen. Aeltere, gewöhnlich mit unvollkommenen Instrumenten gemachte, Beobachtungen müssen in der Regel den neueren weichen.

Beschränken wir uns für's erste auf die Zonen zwischen dem Aequator und 30° — 35° nördlicher und südlicher Breite, so zeigen folgende Beobachtungen *ein regelmäſsiges Steigen der mittleren Barometerhöhe am Meeresufer, vom Aequator ab.*

Mein verstorbener Freund, Doctor Trentepohl, ein junger Mann, der, beseelt von regem Eifer für die Naturwissenschaften *), erst eine Reise mit einem dänischen Schiffe nach China machte, später als Chirurg der dänischen Colonie in Guinea angestellt wurde, machte in

*) Entomologie, Meteorologie und Hydrographie waren ihm besonders lieb.

Digitized by Google

den Jahren 1828—29 auf der Reise von Copenhagen nach Christiansborg in Guinea eine grofse Menge von Beobachtungen mit einem See-Barometer; vorzüglich in der Absicht, den täglichen Gang desselben auszumitteln. Von den vielen täglichen Beobachtungen, waren 5 fast immer zu denselben Stunden, nämlich 5, 9, 12, 4, 10 Uhr (bürgerlicher Zeit) angestellt, deren Mittel wahrscheinlich von dem wahren täglichen Mittel nicht bedeutend abweicht*). Aus diesen auf 0° R. reducirten Beobachtungen habe ich die täglichen Mittel zwischen dem 32° und 4° N. B., vom 24. Dec. 1828 bis 20. Jan. 1829, berechnet und dadurch folgende Tafel erhalten:

1828—29.	Nördl. Breite.	Barometer reducirt auf 0° R.
Dec. 24	32°	341,29
25	31 5′	340,65
26	29 7	339,85
27	27 19	339,67
28	25 36	338,87
29	23 41	338,91
30	21 51	338,49
31	19 40	338,49
Jan. 1	17 15	337,96
2	15 16	337,47
3	13 46	337,45
4	12 18	337,14
5	10 45	336,46
6	9 38	336,04
7	8 16	336,15
8	7 14	336,04
9	6 59	336,15
10	6 31	336,04
11	6 12	336,24
12	5 40	336,13

*) Nach Freycinet's Beobachtungen in Rio Janeiro im August, geben die gedachten Stunden ein Mittel von $765^{mm},89$; alle 24 Stunden: 765,87. v. Humboldt, *Voyage T. X p.* 403.

Digitized by Google

1828—29.	Nördl. Breite.	Barometer reducirt auf 0° R.
Jan. 13	5° 28'	336,11
14	4 38	336,03
15	4 9	336,20
16	4 36	334,10
17	4 57	335,60
18	4 51	335,40
19	4 53	335,50
20	4 46	336,05

Die Abnahme der Barometerhöhe ist sehr regelmäfsig und zwar von Tage zu Tage fast ununterbrochen.

Auf einer Reise von Rio Janeiro nach England stellte Capitain Spencer *) Barometer-Beobachtungen an. — Berechnet man die Mittelzahlen dieser Beobachtungen **), und zwar nach den Passatstrichen geordnet, so erhält man:

Breite.	Zeit.	Zahl der Beobachtungen.	Mittelhöhe d. Baromet. auf 0° R. red.
18—24½° S. B. aufserhalb des Passates	1— 6. Dec.	18	337''',33
2° N. B. — 18° S. B. im S. O.-Passat	7—13. -	21	336 ,21
4—5° N. B. zwischen den Passaten	14—15. -	6	335 ,08
6—14° N. B. im N. O.-Passat	16—19. -	12	336 ,21
17 — 24½° aufserhalb des Passates	20—23. -	12	338 ,57
26—28° ebenfalls	24—26. -	9	340 ,26

Offenbar fällt hier der niedrigste Stand auf die Zone zwischen den Passaten, das Barometer steigt durch die Pas-

*) Daniell, *Meteorological essays and observations. Lond.* 1823. *p.* 348.

**) Die Beobachtungen wurden zu verschiedenen Stunden angestellt; die Mittelzahlen dürfen daher wohl als von dem Einflusse des täglichen Ganges befreit angesehen werden.

Digitized by Google

sate und erreicht aufserhalb derselben zwischen 20° — 30° der Breite eine bedeutende Höhe.

Auf der Reise nach und von China, in den Jahren 1826 — 1827, passirte Trentepohl viermal die Linie; er beobachtete ein See-Barometer mehrere Male (wenigstens 3 Mal) täglich. Die aus diesen Beobachtungen zwischen dem Aequator und 30° Br. gezogenen Mittel sind, nach den Breitenzonen geordnet, folgende: *)

Zeit.	Breite. Atlantisches Meer.	Barometer reducirt auf 0° R.
1826. 31. Mai bis 5. Juni	30 — 20° N. B.	341''',55
6. Juni - 10. -	20 — 10 - -	338 ,70
11. - - 28. -	10 — 0 - -	338 ,56
29. - - 4. Juli	0 — 10 S. B.	338 ,50
5. Juli - 11. -	10 — 20 - -	340 ,28
12. - - 18. -	20 — 30 - -	340 ,89
1827. 20. Juni - 27. Juni	30 — 20 - -	340 ,26
28. - - 14. Juli	20 — 10 - -	339 ,70
15. Juli - 19. -	10 — 0 - -	338 ,17
20. - - 24. -	0 — 10 N. B.	337 ,31
25. - - 5. Aug.	10 — 20 - -	337 ,44
6. Aug. - 10. -	20 — 30 - -	339 ,42

Indisches Meer und Süd-Meer.

Zeit.	Breite.	Barom. red. zu 0° R.
1826. 23. Sept. — 29. Sept.	30 — 20° S. B.	338''',84
30. - — 6. Oct.	20 — 10 - -	337 ,97
7. Oct. — 20. -	10 — 0 - -	336 ,33
21. - — 11. Nov.	0 — 10 N. B.	336 ,23
12. Nov. — 18. -	10 — 20 - -	336 ,51
19. - — 5. Dec.	20 — 22 - -	340 ,17
1827. 23. Febr. — 1. März	20 — 10 - -	338 ,73
2. März — 8. -	10 — 0 - -	337 ,09
9. - — 31. -	0 — 10 S. B.	336 ,52
1. April — 17. April	10 — 20 - -	337 ,22
18. - — 13. Mai	20 — 30 - -	338 ,13

*) Da Trentepohl's Journal die Gränzen der Passate nicht ge-

Digitized by Google

A. Erman's Tafel*) über die von ihm innerhalb der Passate angestellten Beobachtungen führt, wie dieser Verfasser schon bemerkt hat, gleichfalls zu der Annahme eines Steigens der mittleren Höhe vom Aequator gegen die äufseren Gränzen der Passate.

I. Nordost-Passat.

Mittl. Länge 165° Mai — Juni. Grofser Ocean.	Mittl. Länge 237° Januar. Grofser Ocean.	Mittl. Länge 328° Juli — Aug. Atlant. Ocean.	Mittl. Länge 340° Novemb. Atlant. Ocean.
S. B.			
4°,5 336,45			
N. B.			N. B.
0°,5 336,34		N. B.	6°,0 337,86
5 ,0 336,28	N. B.	12°,2 338,43	9 ,0 337,77
9 ,5 336,12	9°,7 338,57	17 ,8 338,72	14 ,5 338,74
14 ,0 337,20	14 ,5 338,92	22 ,5 339,30	19 ,9 339,34
19 ,5 337,85	19 ,5 339,09	27 ,8 340,02	24 ,8 339,16
25 ,1 338,34	23 ,2 339,12	30 ,4 340,68	27 ,6 339,14

II. Südost-Passat.

Mittl. Länge 177° Mai. Südsee.	Mittl. Länge 222° Jan. und Febr. Südsee.	Mittl. Länge 325° Juli. Atlant. Meer.	Mittl. Länge 332° Decemb. Atlant. Meer.
S. B.	N. B.	N. B.	N. B.
13°,8 337,07	3°,5 337,23	4°,3 338,69	4°,5 337,98
		S. B.	S. B.
16 ,5 337,73	0 ,0 337,17	1°,9 338,69	1°,9 337,66
	S. B.		
18 ,5 337,89	3 ,5 338,59	6 ,4 (338,57)	6 ,5 337,50
21 ,5 338,92	8 ,0 337,90	11 ,4 338,64	13 ,3 338,09
24 ,1 339,30	13 ,1 (336,63)	14 ,5 339,43	19 ,8 339,14
	23 ,0 337,96	24 ,4 339,91	22 ,0 339,19
	26 ,8 339,22		

Das meteorologische Journal in Krusenstern's

nan angiebt, habe ich die Mittel nicht nach den Passatstrichen ordnen können.

*) Diese Annalen B. 23 S. 144.

Reise*) liefert die täglichen am Mittage beobachteten Barometerstände. — Sie sind sämmtlich auffallend niedrig, und Horner äufsert daher**), dafs dem absoluten Stande wahrscheinlich nicht zu trauen sey. Die Vergleichung der Beobachtungen unter einander deutet aber auf dasselbe Gesetz hin.

	Breite.	Zeit.	Baromet. red. auf 0° R.
1. Atl. Meer	28 — 20 N. B.	Oct. Nov.	335,32
	20 — 10 - -	Novemb.	335,15
	10 — 0 - -	Novemb.	332,69
	0 — 10 S. B.	Nov. u. Dec.	333,68
	10 — 20 - -	Decemb.	334,63
	20 — 27 - -	Decemb.	333,80
2. Ind. Meer	10 — 20 - -	März	332,58
	20 — 30 - -	März. April.	333,34
3. Südsee	30 — 20 - -	April.	335,22
	20 — 10 - -	April. Mai.	334,59
4. Atl. Meer	30 — 20 - -	April.	335,75
	20 — 10 - -	Mai.	335,53
	10 — 0 - -	Mai.	334,21
	0 — 10 N. B.	Mai. Juni.	334,60
	10 — 20 - -	Juni.	334,94
	20 — 30 - -	Juni.	337,60

Wegen der gedachten Zweifel an der Richtigkeit des eignen Barometers, lieferte Horner auch die Resultate von Cook's Beobachtungen***), nämlich:

Atlantisches Meer.

	21. Aug. — 6. Octbr. 1776.	21. Mai — 4. Juli 1780.
25 — 10 N. B.	338''',38	340,06
10 — 0 - -	338 ,54	339,42
0 — 10 S. B.	338 ,99	339,68
10 — 25 - -	340 ,71	339,99

*) Reise um die Welt 3. Th. S. 318 — 358.

**) Ebendaselbst S. 163 und Gilbert's Annalen 62. B. S. 190.

***) Gilbert's Annalen 62. B. S. 206.

Da diese Barometerstände für den Einfluſs der Temperatur nicht corrigirt sind, so dürfen sie nicht als zuverlässig angenommen werden. Die Temperatur-Veränderungen innerhalb der Wendekreise sind jedoch nicht sehr bedeutend.

Auf einer Reise von Copenhagen nach Brasilien machte mein Freund, Dr. W. Lund, Barometerbeobachtungen auf dem atlantischen Meere *). Die Beobachtungen zwischen 36° N. B. und 20° S. B. gehen vom 1. November bis 4. December 1825; sie wurden in der Regel um 1 Uhr Nachmittags angestellt, die Thermometerbeobachtungen aber, womit ich sie corrigirt habe, um 2 Uhr.

	Barom. auf 0° red.
36° 20′ N. B.	338‴,27
20 10 - -	336 ,28
10 0 - -	334 ,65
0 10 S. B.	334 ,98
10 20 - -	335 ,86.

Freycinet **) beobachtete auf *Isle de France* (20° S. B.) in 20 Tagen (vom 15. Juni bis 10. Juli 1818) vier Mal täglich (7, 3, 11, 3) ein Gefäſs-Barometer von Fortin und ein Heber-Barometer von Gay-Lussac. — Nach Correction für die Meereshöhe (4′ 8″) und für den Einfluſs der Capillarität, ist das auf 0° reducirte Medium dieser Beobachtungen 338,92

Dagegen gaben die von ihm auf *Timor* (10° S. B.) gemachten Beobachtungen nur ***) . . 336,23

und wiederum die im August 1820 in *Rio Janeiro* (23° S. B.) für Wärme, Capillarität und Meereshöhe corrigirt †) 339,95

*) Die Beobachtungen selbst sind gedruckt in „Tidsskrift for Naturvidenskaberne. 5. B. S. 91 folg.

**) *Voyage autour du monde p.* 96, 366, 559.

***) Es fehlen die näheren Angaben namentlich über die Zeit.

†) v. Humboldt, *Voyage Tom. X. p.* 402 *note* 2.

Digitized by Google

Durch diese auf Seereisen gemachten Beobachtungsreihen, von welchen jede mit *demselben Instrumente* angestellt ward, darf man es wohl als erwiesen ansehen, dafs der mittlere Barometerstand am Meere vom Aequator ab gegen 30° und darüber im Steigen ist.

Doch auch aus einer Vergleichung stationairer Beobachtungen geht ein solches Steigen deutlich hervor. Zwar sind hier verschiedene Instrumente benutzt; allein man gelangt doch wenigstens zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit, einer Seits durch die Uebereinstimmung der Mittel nahegelegener Orte, und anderer Seits durch den grofsen Unterschied, welche Orte in der Nähe des Aequators und andere auf 20° — 35° der Breite darbieten.

In dem dänischen Forte *Christiansborg* in Guinea (5° 24′ N. B.) beobachtete erst Dr. Trentepohl, später der Assistent Chenon, ein von der Gesellschaft der Wissenschaften mitgetheiltes, mit einem Thermometer versehenes, Gefäfs-Barometer regelmäfsig 5 Mal täglich (um 6, 9, 12, 4, 10 Uhr) 22 Monate lang (vom März 1829 bis December 1830). Die Höhe über dem Meer beträgt 45 Fufs, die Mittelwärme 22° 31′ R. Das Barometer ist mit einem Troughton'schen Barometer auf der Copenhagener Sternwarte verglichen, dieses mit einem Fortin'schen in Altona *), welches wiederum auf das Standard-Barometer in Altona reducirt werden kann. Diese Beobachtungen auf Meeresfläche, das Standard-Barometer und 0° R. reducirt, geben als Mittel 336,95.

Von dem Landphysikus Dr. Hornbeck hat die Gesellschaft eine Reihe von Barometer-Beobachtungen erhalten, welche auf der Insel *St. Thomas* in Westindien (19° N. B.) angestellt sind. Diese Beobachtungen ge-

*) Astronomische Nachrichten 4. B. S. 194. Die Collimation kann jedoch nicht sehr genau seyn, weil das Copenhagener Instrument zwischen beiden Vergleichungen reparirt wurde.

hen von März 1830 bis März 1831; die Beobachtungsstunden sind 5—9 Vormittag, 2—5 und 8—12 Nachmittag. Die Meereshöhe ungefähr 20'. Das Barometer ist hier verfertigt und mit dem Barometer der hiesigen Sternwarte verglichen, später aber reparirt, weshalb keine genaue Reduction auf dieses und das Standard-Barometer stattfinden kann. Ein Thermometer am Barometer und eins in freier Luft wurden mit dem Barometer gleichzeitig beobachtet. Diese einjährige Reihe giebt, auf die Meeresfläche und auf 0° R. reducirt als allgemeines Mittel. . . . . 337''',13

Humboldt*) giebt als Mittelstand für *Cumana* (10° N. B.) auf das Niveau des Meeres und auf 0° R. reducirt . . . . 336 ,28

Boussingault**) für *Guayra* (10° N. B.) mit Instrumenten, die mit denen der Pariser Sternwarte verglichen waren, als Mittel von 12 Tagen ebenfalls auf die Meeresfläche und 0° R. reducirt 336 ,98

Pentland***) erhielt in Peru (12—13° S.B.) durch Beobachtung mit einem Fortin'schen Barometer als Mittelstand am Meere, auf 0° R. reducirt und nach vorgenommener Reduction für die Capillar-Wirkung . . . . 337 ,35

Nachstehende Resultate werden zweifelhaft:

Ferrer's Beobachtungen in *Havana* (23° N.B.)†) aus den Jahren 1810—1812, welche auf 0° reducirt 336,99 geben. Die Meereshöhe ist nicht angegeben.

In Clapperton's zweiter Reise werden 14 Barometer-Beobachtungen aus *Badagry* in Guinea (6° N.B.)

*) *Essai sur la géographie des plantes p.* 90. — Conf. *Voyage de* Humboldt *Tom.* XI *p.* 1.

**) *Voyage de* Humboldt *Tom.* XI *p.* 1. — Diese Annalen 12. B. S. 399.

***) Hertha 13. B. 1. Heft S. 7. 1829.

†) *Connaissance des Temps* 1817. *p.* 338.

Digitized by Google

vom 2—6. December 1825 angeführt. Diese geben nur 332‴,39. Die Angabe der Meereshöhe fehlt aber auch hier.

Im Fort *Thortorn* in Sierra Leone (9° N. B.) beobachtete Capitain Sabine *) das Barometer am 28. März zwei Mal (7 Uhr und 11 Uhr Vormittag) auf einer mit ziemlicher Genauigkeit bestimmten Meereshöhe von 190 engl. Fuſs. Diese Beobachtungen geben, auf das Meer und auf 0° reducirt, 336‴,13. Derselbe beobachtete auf der Insel *Ascension* (8° S. B.) **) am 9. Juli, 9½ Uhr Vormittag, 338‴,13.

Wenden wir uns von den Zonen 0—20° N. und S. zu den Zonen 20—35° N. und S., so bieten sich folgende Beobachtungen dar:

Dr. Heineken ***) beobachtete in *Funchal* auf Madeira (32½° N. B.) das Barometer während 2 Jahre (1826—1827) auf einer Höhe von 89 engl. Fuſs über der Meeresfläche. Corrigirt man für diese Höhe, und reducirt den Mittelstand auf 0° mit Hülfe des Thermometerstandes in freier Luft, so erhält man . 339‴,20.

Capitain Sabine †) machte daselbst am 13. Januar 1822 vier Beobachtungen, deren Mittel 342‴,66 beträgt.

Dr. Escolar's Beobachtungen zu *St. Cruz* auf Teneriffa (28° N. B.) ††) geben als Mittelzahl der *monatlichen Extreme* in 3 Jahren, auf 0° und auf die Meeresfläche reducirt, 338‴,44. Bereits oben haben wir bemerkt, daſs dieses Resultat in sofern weniger zuverlässig ist, als es nur aus den Extremen, nicht aus allen Beobachtungen gezogen ist. — Doch kann erstlich dieser Umstand keinen bedeutenden Einfluſs haben auf eine

*) Daniell, *meteorol. observat. and essays.* p. 322—323.

**) Ebendaselbst p. 324.

***) *Edinburgh Journal of science. Vol.* X *p.* 78.

†) Am angegebenen Orte p. 315.

††) v. Buch physikal. Beschreib. der canarischen Inseln S. 72. Schriften der Berl. Acad. l. c.

Breite, wo die Barometer-Veränderungen überhaupt weniger bedeutend sind, und zweitens leitet die Analogie von Beobachtungen an andern Orten zu der Annahme, dafs ein Mittel aus den monatlichen Extremen zu niedrig und keinesweges zu hoch ausfalle. So ist z. B. das Mittel aus den monatlichen Extremen *)

zu Copenhagen	nach 16 Jahr.:	0''',81	unt. d. wahren Mittel
- Paris	- 11 -	0 ,77	- - - -
- Palermo	- 35 -	0 ,44	- - - -
- Madeira	- 1 -	0 ,33	- - - -

Benutzen wir die letztere Zahl als Correctionsmittel, so wird das wahre Mittel für St. Cruz . . . 338''',77

v. Buch **) erhielt in *Las Palmas* auf der Insel Gran Canaria als Mittel der Beobachtungen vom 21. Juli bis 10. August 1815 (um 7, 11, 4, 11 Uhr), reducirt auf 0° und das Meer . . . . 339''',09

in Puerto Orotova n. Beobcht. in 7 Tag. i. Mai .	337 ,77
- - - - - - 7 - - Spt. Oct.	338 ,38
auf Lanzerote - - - 3 - - - -	339 ,80

wozu er noch einige isolirte Beobachtungen früherer Reisende auf den canarischen Inseln am Meeresgestade hinzufügt, nämlich

Lamanon, St. Cruz 1785	339''',00
Cordier, Puerto Orotova 1803	341 ,60

Eschwege ***) liefert uns die Resultate seines meteorologischen Tagebuches aus *Rio Janeiro* (23° S. B.). Das Mittel sämmtlicher Barometer-Beobachtungen aus den Monaten August, September und October 1817, zu verschiedenen Beobachtungsstunden angestellt, auf Meeres-

*) Skildring af Veirligets Tilstand; Danmark S. 430. — Bouvard, *Mémoire sur les obs. meteorol. pag.* 48, 50. *N. Cacciatore: Del real osservatorio di Palermo* 1826. *Vol.* I. *App.* Heinecken l. c.

**) A. a. O. S. 72, 73.

***) Journal von Brasilien 2. Heft S. 137.

fläche und 0° reducirt, beträgt 339''',30. Nach Dorta's *) Beobachtungen ebendaselbst ist das Mittel der drei gedachten Monate 0''',61 höher, als das Mittel des ganzen Jahres; demnach wäre das jährliche Mittel . 338''',69

Indessen bemerkt Eschwege **), dafs Beobachtungen in Rio Janeiro in 1½ Jahren, 20' über der Meeresfläche, ihm das Mittel 30''275 engl. M. gegeben haben (jedoch ohne Angabe der Temperatur) und dieses Mittel ist höher, als das rohe Mittel der drei genannten Monate (30''230 engl. M. auf 23' Höhe). Die Beobachtungen Dorta's ***) aus einem Jahre (um 10, 12, 4, 10 Uhr) gaben nur 337,59 bei 0°; allein da hier keine Rücksicht auf die Meereshöhe genommen ist, so ist das Medium zu niedrig.

Für die *Capstadt* (33° S. B.) geben die Beobachtungen †) von Puhlman und Wahlstrand, aus den Jahren 1818—1826, auf 0° reducirt . . . 338''',24 und doch ist hier nichts für die Meeresfläche gerechnet.

Die Beobachtungen von *Macao* (23° N. B.) vom Abbé Richenet ††), in einem Jahre (1814), geben auf 0° reducirt . . . . 338 ,23 obgleich auch hier die Höhe nicht berücksichtigt ist.

Merkwürdig ist der hohe Barometerstand, den die in Denham und Clapperton's Reise †††) mitgetheilten Beobachtungen aus *Tripolis* (33° N. B.) liefern. Das Mittel aus diesen Beobachtungen in den Monaten November bis März ist nämlich 30''39 engl. M. Die Höhe über der Meeresfläche und die Temperatur sind

*) v. Humboldt, *Voyage T* X *p.* 428.

**) A. a. O. 1. Heft *S.* 173.

***) v. Humboldt a. a. O.

†) Diese Annalen 15. Bd. *S.* 315.

††) v. Humboldt, *Voyage Tom.* X *p.* 451 *Note* 2.

†††) Appendix p. 269.

nicht angegeben. Setzt man voraus, dafs die Beobachtungen nicht corrigirt sind, und dafs die mittlere Wärme der gedachten Monate 11°,6 R. betrage *), so erhält man 341''',28. Nach den Beobachtungen in Cairo ist aber das Medium dieser Monate 1''09 höher als das jährliche **); demnach wäre das wahre jährliche Mittel für Tripolis . . . . 340''',19

Gegen diese Beweise eines hohen Mittelstandes zwischen 20°—35° der Breite, dürfen Coutelles Beobachtungen in Cairo (30°) ***) nicht aufgeführt werden, welche als jährliches Mittel nur 336''',41 bei 0° R. geben, denn die Angabe der Meereshöhe fehlt.

Auf meiner Reise in Italien verglich ich mein Newmannsches Barometer mit den Barometern, womit regelmäfsige Beobachtungen auf den italienischen Sternwarten gemacht werden. Durch diese Vergleichungen bin ich in den Stand gesetzt, die mehrjährigen Beobachtungsreihen dieser Observatorien auf den mit meinem Newmann verglichenen Standard-Barometer in Altona zu reduciren, und dadurch eine genaue Zusammenstellung der mittleren Höhe des Barometers am Mittelmeere und an der Nordsee vorzunehmen. Da jedoch die unmittelbaren Vergleichungen der Instrumente nur auf einer nicht grofsen Zahl von Beobachtungen beruhen, und ferner die Observatorien sowohl auf nicht unbedeutenden Höhen über dem Meeresniveau, als auch mehrentheils in einiger Entfernung von der See liegen, weshalb über die genaue Bestimmung der angenommenen Meereshöhe der Barometer Zweifel entstehen können, so habe ich zugleich einen andern Weg eingeschlagen, um die mittlere Barometer-

*) Ein Medium aus den Temperaturverhältnissen von Cairo und Tunis für diese Monate.

**) Nach v. Buch diese Annalen 15. Bd. S. 357. (Coutelles Beobachtungen.)

***) *Description de l'Egypte. T.* 19.

höhe am Meeresgestade auszumitteln. Ich stellte nämlich ganz in der Nähe des Meeres und auf einer geringen, leicht zu bestimmenden Höhe, Reihen von Beobachtungen an, gleichzeitig mit den Beobachtungen auf den genannten Observatorien, und mit Hülfe der Resultate von diesen längeren Reihen reducirte ich die vieljährigen Beobachtungen der Observatorien auf die Meeresfläche, und zugleich auf das Standard-Barometer. Die Resultate der beiden Methoden weichen in der Regel unter sich wenig ab; die letztere scheint die sicherste zu seyn.

So wurde vom 4. December 1829 bis 1. März 1830 Newmann's Barometer zu verschiedenen Stunden des Tages (am häufigsten um 8, 3, 11 Uhr) in meiner Wohnung in *Neapel* (41°) ganz nahe am Meere (*Grottone di Palazzo*) beobachtet. Das Mittel aus 232 Beobachtungen, auf 0° und das Altonaer Standard-Barometer reducirt, ist 335''',23. Vier Messungen der Höhe geschahen auf die Weise, daſs ich mein Instrument an das ganz nahe Meeresufer brachte und beobachtete, so wie vor- und nachher in meiner Wohnung. Diese Messungen gaben einen Unterschied von 1'''40; die Höhe des Barometers am Ufer über dem mittleren Stand des Meeres war 4',2. — Demnach ward, für den gegebenen Zeitraum, der mittlere Stand am Meere 336''',69. Die gleichzeitigen Beobachtungen auf dem Observatorio in *Capo di Monte*, mitgetheilt vom Professor und Ritter Brioschi: 330,04 bei 0° R. Unterschied 6'''65. Die auf demselben Observatorio gemachten siebenjährigen Beobachtungen (1822—1828) *), gleichfalls auf 0° R. reducirt, geben als allgemeines Mittel 331''',29. Benutzt man den gefundenen Unterschied 6''',65, so erhält man als siebenjähriges Mittel, reducirt auf 0° R., auf die Meeresfläche und auf das Standard-Barometer . . . . . 337''',94.

Die Beobachtungen auf dem Observatorio wurden zwei Mal täglich (6 Uhr Vor- und Nachmittags) ange-

*) *Calendario di Napoli* 1824—1830.

stellt. Das Mittel aus diesen mag von dem wahren täglichen Mittel nicht sehr abweichen.

Nach der unmittelbaren Vergleichung meines Barometers mit Brioschi's steht das letztere 0‴,65 niedriger, als das Standard-Barometer *). Das siebenjährige Mittel, auf das Standard-Baromerer reducirt, wird demnach 331‴,94. Die Höhe beträgt nach Brioschi 452′, die mittlere Wärme auf Capo di monte 12°,96 R. Die mittlere Barometerhöhe, auf die Meeresfläche reducirt, wird folglich . . . . 337,74 welches mit jenem, nach der ersten Methode erhaltenen Mittel sehr wohl übereinstimmt.

Vom 2. August bis 2. September 1829 wurde Newmann's Barometer in *Livorno* ($43\frac{1}{2}$°) in einem unmittelbar am Meeresufer liegenden Hause beobachtet. Die Höhe des Barometers über dem mittleren Stand des Meeres betrug 62′7 p. F. Die Beobachtungen wurden täglich am Mittage angestellt. — Das Mittel aus allen Beobachtungen reducirt auf 0° R., auf die Meeresfläche und auf das Standard-Barometer, ist 337‴,80. — Die gleichzeitigen Mittagsbeobachtungen auf dem Observatorio Delle scuole pie in Florenz, mitgetheilt vom Prof. Inghirami, geben, auf 0° reducirt, ein Mittel von 335″42; das Mittel aus Beobachtungen eben daselbst in 9 Jahren (1821—29), drei Mal täglich (7, 12, 11 Uhr) **), beträgt 335″,38. Folglich wird dasselbe Mittel, auf die Meeresfläche und das Standard-Barometer reducirt, 337,76.

Nach Vergleichung der Instrumente, steht der Barometer des florentiner Observatoriums 0‴,45 höher als das Stan-

*) Hier ist eben so wenig, wie bei den übrigen Angaben der neapolitanischen Beobachtungen, Correction für die Capillarität angewendet, welche nach Brioschi 0‴,90 beträgt; wird diese angebracht, so steht Brioschi's Barometer 0‴,25 höher als das Standard-Barometer.

**) *Antologia di Firenze.*

Standard-Barometer, und nach Inghirami ist die Höhe des Barometers über der Meeresfläche 205'. Unter diesen Voraussetzungen und einer mittleren Temperatur von 12° R. wird das Mittel für die Meeresfläche . 337'''58 welches von dem bereits angeführten nicht sehr abweicht.

Vergleichen wir dieselbe Reihe von Beobachtungen in Livorno (vom 2. August — 2. September 1829) mit den gleichzeitigen Mittagsbeobachtungen auf dem astronomischen Observatorio in *Bologna* (44½°), mitgetheilt von den Herren Professoren Caturegli und Moratti, so erhalten wir

für Livorno . . 337''',80
- Bologna . . . 333 ,47

Das Mittel aus den Mittagsbeobachtungen in 5 Jahren in Bologna beträgt, auf 0° R. reducirt, 333,54; — wird dieses Mittel dann auf die Meeresfläche bei Livorno und auf das Standard-Barometer gebracht, so erhält man . . . . 337''',87

In Venedig (45½°) wurden mit Newmann's Barometer vom 14. Juli bis 8. August 1830 — 57 Beobachtungen zu verschiedenen Stunden des Tages angestellt. Der Barometer stand 42' über dem mittleren Stand des Wassers in einem unmittelbar am Hause liegenden Canal. Das Mittel dieser Beobachtungen auf 0°, die Meeresfläche und das Standard-Barometer reducirt, ist 337''',76. Ein Medium von 78 Beobachtungen auf der Sternwarte zu Bologna in denselben Tagen, drei Mal täglich (um 9, 12, 3 Uhr), 333,72. Das fünfjährige oben angeführte Mittel 333,54 wird demnach, auf die Meeresfläche reducirt, 337,58. Nimmt man zur Vergleichung nur 12 durchaus gleichzeitige Beobachtungen in Venedig und Bologna, so erhält man . . . . 337''',74.

Eine Vergleichung der Instrumente zeigte, dafs das Barometer in Bologna 0''',83 niedriger steht als das Standard-Barometer. Die Höhe über dem Meer beträgt nach Caturegli: 196¾ Bologneser Fufs = 230 p. Fufs. Die

Digitized by Google

mittlere Mittagswärme 12°,3 R. Das Mittel der fünfjährigen Mittags-Beobachtungen auf das Meer und das Standard-Barometer reducirt, wäre demnach 337,32 *).

Die Beobachtungsreihe von Venedig läfst sich ferner mit einer gleichzeitigen in Padua (45½°) vergleichen:

Mittel aus 57 Beobachtungen zu verschiedenen Stunden in Venedig, auf die Meeresfläche reducirt	337‴76
Mittel aus 71 Beobachtungen zu den Stunden 6, 3, 9 Uhr auf dem Observatorio zu Padua	336 ,34
Unterschied	1 ,42

Mittel aus 26 völlig gleichzeitigen Beobachtungen

zu Venedig	327‴,67	
zu Padua	336 ,33	
Unterschied		1 ,34.

Nach dem Giornale Astrometeorologico gaben die Beobachtungen auf dem Observatorio in Padua, in 15 Jahren (1802, 1793, 1810, 1811, 1813—1821, 1827—28), auf 0° reducirt *), 336,53. Demnach wird das Mittel auf die Meeresfläche und das Standard-Barometer gebracht, nach der ersten Vergleichung 337,95, nach der letzteren . . . . 337,87.

Die Vergleichung der Instrumente **) zeigte, dafs das Barometer des Paduaner Observatoriums 0‴45 niedriger steht, als das Standard-Barometer. — Die Meereshöhe ist nach Professor Santini 94½′, die mittlere

*) Der nicht unbedeutende Unterschied dieser nach den zwei Methoden erhaltenen Media führt zu der Vermuthung, dafs die angegebene Meereshöhe zu niedrig sey.

**) Es ist jedoch nicht sicher, dafs dasselbe Barometer durch die ganze Periode benutzt ist; auch nicht, dafs die Höhe des Instrumentes unverändert geblieben ist. In dem Giornale astrometeorologico 1817 wird die Höhe zu 40′ über dem *Flufs* angegeben; in den späteren Jahrgängen zu 56′. — Doch geben die Jahre 1802—1821: 336,55; die Jahre 1827—1828: 336,40.

***) Diese Vergleichung ist mittelbar geschehen, nämlich das Barometer in Padua ist mit meinem Reisebarometer, und dieses wiederum mit Newmann's verglichen worden.

Digitized by Google

Wärme der Luft beträgt 10°,44 R. Demnach wäre der 15jährige Mittelstand auf die Meeresfläche und das Standard-Barometer reducirt . . . . 338''',21.

Reihen wir diese für Italien erhaltenen und auf das Standard-Barometer reducirten Mittel zusammen, so haben wir:

Neapel	Mittelländisches Meer	337,94
Florenz	- -	337,76
Bologna	- -	337,87
Bologna	Adriatisches -	337,74
Padua	- -	337,87.

Dagegen ist das sechsjährige Mittel (1822—1827) aus den Beobachtungen des Observatoriums zu Altona ($53\frac{1}{2}$°)*), reducirt auf die Meeresfläche auf 0° R. und auf das Standard-Barometer . . . . 337,09.

Als ich im Jahre 1830 nach Sicilien reiste, liefs ich aus Vorsicht Newmann's Barometer in Neapel zurück, und das Reisebarometer wurde beschädigt, ehe ich *Palermo* erreichte; ich mufste daher auf die Vergleichung mit diesem Orte Verzicht thun. — Glücklicher Weise steht hier eine andere Vergleichung zu Gebote. Herschell hat nämlich, auf seiner sicilianischen Reise, das Barometer der dortigen Sternwarte mit seinem Reisebarometer verglichen, und später dieses mit dem, welches zu den Beobachtungen der Royal Society benutzt wird. Das Londoner Barometer steht, dieser Vergleichung zufolge, 0''027 englisch höher als das Palermitaner**). — Professor Cacciatore***) giebt als Mittel von 43000 Beobachtungen aus den Jahren 1791 — 1825, auf 32° Fahr. reducirt . . . . . . 29'',7230 engl. Maafs

Correction für die Capillarität 0 ,0268

29 ,750.

*) Astronomische Nachrichten 8. Bd. No. 187.

**) N. Cacciatore: *Del real osservatorio di Palermo. Vol. I. Palermo* 1826. *fol. Appendice.*

***) *Ibid.*

Digitized by Google

Die Meereshöhe ist nach **Cacciatore** 244 engl. F., die mittlere Wärme 14° R.; dem-

nach wird das Mittel . . .	30,015	
die Collimation mit dem Londoner Bar.	+ 0,027	
	30,042	od. 338,26 *)
ich erhalte		338''',21.

Dagegen geben die Beobachtungen der Royal Society in *London* ($51\frac{1}{2}$°) aus sieben Jahren (1823—1829) **) 95 engl. F. über dem Meer, auf dieses (mittl. Temp. + 8° R.) und auf 0° R. reducirt, nur . . . 337,33 und 27 Jahre (1797—1829) 337,41. — Die Beobachtungen waren in Palermo ungefähr $7\frac{1}{2}$, 12, $7\frac{1}{2}$, 12 Uhr ***); in London 9 und 3 Uhr. Dieser Unterschied scheint von keinem Einfluſs zu seyn.

Die von der ehemaligen *Manheimer meteorologischen Gesellschaft* nach verschiedenen Orten übersandten Instrumente müssen hinsichtlich der Genauigkeit freilich denen der neueren Zeit weit nachstehen; die damit angestellten Beobachtungen haben jedoch den Vorzug, daſs sie mit *verglichenen* Barometern und in der Regel zu denselben Beobachtungsstunden angestellt sind. Wählen wir nun, aus den Ephemeriden dieser Gesellschaft, Beobachtungen von solchen Orten am Mittelmeere an der Nord- und Ostsee, bei welchen über die genaue Angabe der Meereshöhe über den unbeschädigten Zustand des übersandten Barometers kein gegründeter Zweifel stattfindet; so geht auch hier die Abnahme der mittleren Barometerhöhe von dem südlichen nach dem nördlichen Europa deutlich hervor.

*) Sollte bei der Vergleichung der beiden Barometer auf die Capillarität keine Rücksicht genommen seyn, so würde der Mittelstand in Palermo 337''',96 betragen.

**) *Philosophical Transactions.*

***) Die letzte Beobachtung fängt jedoch erst mit dem Jahre 1806 an.

Digitized by Google

Silvabella's Beobachtungen in *Marseille* ($43\frac{1}{2}°$) aus den Jahren 1783—1792, 24 Toisen über der Meeresfläche (um 7—8, 2—3, 9—10 Uhr), geben nach Professor Heinrich's Berechnung *) 346''',164 bei 10°R. Reducirt man diesen Mittelstand auf 0° und auf die Meeresfläche (mittlere Wärme = 11°,7 R.), so erhält man . . . . 337''',27.

Van der Perres Beobachtungen in *Middelburg* ($51\frac{1}{2}°$) aus 3 Jahren (1783—1785), 23 Rheinländische Fuſs über dem Meer (um 8, 2, 9 Uhr), geben nach Professor Heinrich's Berechnung 337,07 bei 10° R. **). Auf 0° R. und die Meeresfläche reducirt, wird das Mittel . . . . 336''',60.

Van Swinden's Beobachtungen in *Delft* (52°) aus zwei Jahren (1784 u. 86), 29 Fuſs über dem Meer (um 7, 2, 9 Uhr) ***), geben . . . . . . 336''',71.

Die Beobachtungen auf dem Observatorium in *Stockholm* ($59\frac{1}{2}°$) aus 5 Jahren (1783—1787), 133 Fuſs über dem Meeresniveau (um 6, 2. 10 Uhr), geben †) . . . . 335,65.

Guérin ††) liefert für *Avignon* (44°) das Mittel aus zehnjährigen Beobachtungen (1802—1811), täglich beim Sonnenaufgang und um 2 Uhr Nachmittags auf einer Meereshöhe von 67' angestellt. — Dieſs Mittel auf das Meer reducirt, ist nach Guerin 338,77 bei 11°,5 R.; bei 0° . . . . 337,90.
Nach meiner Berechnung wird es 337,80
ein Mittel, das mit den oben angeführten italienischen sehr genau übereinstimmt. — Die Instrumente sind nach

*) *Ephemerides Manheimenses* und Gilber's Annalen 28. Bd. S. 462.

**) *Ephemerid. Manheim.* und Gilbert's Annalen a. a. O.

***) *Ephemerides Manheimenses.*

†) Ebendaselbst.

††) Guérin, *Mesures barométriques. Avignon* 1829. *p.* 160.

Digitized by Google

Guérin *) mit denen übereinstimmend, welche auf dem Observatorio zu Paris benutzt werden.

Nach Arago **) ist der Mittelstand des Barometers in *Paris* (49°), 9jährigen Beobachtungen zufolge, auf 0° und das Meer reducirt 760^{mm},85 oder 337‴,28, bei welcher Bestimmung der Mittelstand auf der Sternwarte zu 755^{mm},43, und der Unterschied zwischen diesem und dem Mittelstande am Meeresufer zu 5^{mm},42 angenommen ist. Nach Bouvard ***) ist der Mittelstand auf dem Observatorio aus 11 Jahren (1816—1826) 755^{mm},99 bei 0° R., folglich am Meeresufer 761^{mm},41 oder 337‴,53.

Sämmtliche diese Resultate aus Beobachtungen, die mit *verglichenen Instrumenten* angestellt sind, beweisen, dafs *die Barometerhöhe am mittelländischen Meere höher ist, als an der Nordsee. — Diese Mittelstände aus dem südlichen Europa sind ferner durchgehends niedriger, als die an Orten zwischen dem* 20. *und* 35. *Grade der Breite.*

Gegen den durch so viele Vergleichungen bewährten Unterschied zwischen dem südlichen Europa und dem nördlichen, wüfste ich nur folgende mehr oder weniger zweifelhafte Resultate zu setzen.

Alb. de la Marmora †) giebt aus 3jährigen Beobachtungen 751^{mm},33 als den mittleren Stand des Barometers in *Cagliari* (39°) 312′ über der Meeresfläche an; die Luftwärme zu 13°,3 R. Demnach würde das Mittel für die Meeresfläche bei 0° seyn . . . . . 337‴03.

d'Angos ††) bemerkt, dafs er durch 468 Beobach-

*) *Ibid. p.* 127.

**) v. Humboldt, *Voyage Tom. XI p.* 1, und diese Annalen 12. Bd. S. 402.

***) *Mémoires sur les observations météorologiques p.* 48.

†) De la Marmora, *Voyage en Sardaigne. Paris* 1826.

††) *Journal de physique. T. LXXIII p.* 152, 1811.

tungen auf *Malta* (36°) am Meere einen Mittelstand von 338''',08 bei 17° R. erhalten hat. Bei 0° wäre er . . . . 336''',79.

Nach Risso *) ist bei *Nizza* (44°) das Mittel von 21915 Beobachtungen (1806—1825) 3 Mal täglich (Morgens, Mittags und Abends), auf einer Höhe von *etwa* 20 Meters: 335''',7 bei 0°. Dieses giebt für das Niveau des Meeres nur . . . . 336''',50.

Bei diesen Beobachtungsreihen sind die Instrumente nicht verglichen, und auch hinsichtlich der Meereshöhe sind Zweifel vorhanden.

Aufser den Beobachtungen in Altona, Paris, London, Delft und Middelburg, die alle darauf hindeuten, dafs der mittlere Stand im nördlichen Europa zwischen 45° und 56° der Breite niedriger ist, als im südlichen, 35°—40°, sprechen für dieselbe Annahme noch folgende Data:

Doctor Neuber's fünfjährige Beobachtungen (1823 bis 1827) in *Apenrade* (55°) **) geben 336''',11 bei 0°. Der Unterschied zwischen dem Mittags-Medio und dem Medio von 10 täglichen Beobachtungen beträgt nur 0'''01. Die Meereshöhe ist 33',5, die mittlere Wärme 6°,7 R. Die Reduction auf das Altonaer Standard-Barometer —0''',17. Demnach wird das Mittel für die Meeresfläche der Ostsee . . . . 336''',72.

Für *Danzig* ($54\frac{1}{2}$°) ***) geben Prof. Strehlke's Mittags-Beobachtungen aus 2 Jahren (1827—1828), auf einer Höhe von 44',6 über der Ostsee, 336''',36 bei 0°. Die mittlere Wärme ist 7°,6 R. Der mittlere Stand an der Ostsee wird demnach . . . . 336''',95.

Fast dasselbe, nämlich 336,92, erhält man, wenn man

*) *Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale T. I. Paris* 1826. *p.* 209, 235 *seq.*

**) *Collectanea meteorologica fasc. I. p.* 189, 190.

***) Riese in diesen Annalen 18. B. S. 130 folg.

auch die übrigen täglichen Beobachtungen mit in Anschlag bringt.

Zweijährige Mittagsbeobachtungen (1827—1828) auf der Sternwarte in *Königsberg* ($54\frac{1}{2}$°) *) geben 336",039 bei 0° R. Die Meereshöhe beträgt 68', die mittlere Wärme 6°,93 R. — Der mittlere Stand an der Ostsee wird diesem zufolge . . . . 336"',95.

Pastor Sommer's Beobachtungen in letztgenannter Stadt in 8 Jahren 3 Mal täglich (8—9, 2—3, 10 Uhr), auf einer Höhe von 29'6, mittlere Wärme 5°,04 R. 336,72 bei 0° **) und reducirt auf die Meeresfläche . . . . 337"',12.

Aus *Edinburgh* (56°) und dessen naher Gegend sind 3 Beobachtungsreihen vorhanden. — Playfair's sechsjährige Beobachtungen (1794—1799) ***) (10 Uhr Vormittags †) 265 engl. F. (248 par. Fuſs) ††) über dem Meer: 29",625, Thermometer am Barometer 54°,72 Fahr., freies Thermometer 48°,08 Fahr. (=7,1 R.), folglich . . . . 336"',09 obgleich die Beobachtungsstunde in der Nähe des täglichen Maximums liegt.

Adies fünfjährige Beobachtungen (1826—1830) in *Canaan Cottage* †††), bei *Edinburgh* (10 Uhr Vorm. und 10 Uhr Nachmit.) 300, engl. Fuſs 29",625 [1]). Mittel-Temp. 47°,58 F. (=6°,92 R.) . . . . . 336"',75.

*) Ebendaselbst.

**) Ebendaselbst.

***) *Transactions of the society of Edinburgh. Vol.* 4, 5.

†) 1794 um 8 Uhr; 1795—96 um 10 Uhr, und diese Stunde gilt wohl auch für die Jahre 1797—99, wo die Angabe der Stunde fehlt.

††) Vom Mai 1798 262 engl. Fuſs.

†††) Brewster, *Edinburgh Journal of science.*

1) Ich habe das Mittel als nicht corrigirt angenommen.

Auch wahrscheinlich zu hoch, wegen der täglichen Beobachtungszeiten.

Forbes's *) 4410 Beobachtungen in *Colinton House* bei *Edinburgh*, aus den Jahren 1827—1830 (8, 10, 4, 8, 10 Uhr), geben 29",405 bei 0° R. 410',5 engl. F. (385 p. F.) Mittel-Temp. 7°,1 (Edinburgh) .. 336''',13.

Dalton **) führt als Mittelstände des Barometers für *Kendal* und *Keswick* in England (54½°) nach fünfjährigen Beobachtungen (1788—1792) 29",79 und 29",72 an. — Die Beobachtungsstunden waren für Kendal 6, 8, 12, 8—10; für Keswick 6—8, 12, 4—5 im Winter, 6 im Sommer. Die Höhe von Kendal (der Stadt) wird erst zu ungefähr 25 Yards angegeben; später aber im Appendix dahin berichtigt, dafs die Höhe von der Stramongate-Brücke bei Kendal = 46 Yards betrage. Die Höhe von Keswick wird in dem Werke selbst zu 45 Yards angegeben; im Appendix wird die Höhe des Barometers zu 86 Yards berechnet. Die Mittel sind nach Dalton für die Ausdehnung des Quecksilbers corrigirt; er führt aber nicht an, zu welchem Temperaturgrade sie reducirt sind, ich vermuthe zu den Mitteltemperaturen der beiden Orte 46°,4 und 47°,3 Fahr. Unter sämmtlichen diesen Voraussetzungen wird der auf 0° und die Meeresfläche reducirte Mittelstand

für Kendal . . . . 336''',67

für Keswick . . . . 337 ,33.

Dagegen stimmen zwei Beobachtungsreihen nicht mit der Annahme eines niedrigeren Mittelstandes im nördlichen Europa überein.

In *Manchester* (53½°) ist nach Dalton ***) der Mittelstand des Barometers aus 25jährigen Beobachtungen (1794—1818) 3 Mal täglich (um 8, 1, 11 Uhr),

*) Brewster, *Edinburgh Journal of science* 1832 *April.*

**) *Meteorological essays and observations. London* 1793.

***) *Memoirs of Manchester. Second series. Vol.* 3. 1819. *p.* 487.

Digitized by Google

auf einer Höhe von fast 180 engl. F., 29",85, Mitteltemperatur 47°,7 Fahr. Dieſs giebt 337‴,82. Nimmt man nur die letzten 15 Jahre (1804—1818), in welchen dasselbe Barometer benutzt ist, so erhält man 29",91; und dieses giebt sogar 338,49.

Für *Rochelle* (45°) bestimmt Fleuriau-Bellevue *) nach 1400 Observationen in 4 Jahren (1781 bis 1784) dreimal täglich (um 7, 2, 11 Uhr), und 33' über der Meeresfläche, zu 338‴,42 bei 10° R. Reducirt man dieses Mittel zu 0° und (unter Voraussetzung einer mittleren Wärme von 9°) zur Meeresfläche, so erhält man . . . . 338‴,10.

Eine fortgesetzte Abnahme des Mittelstandes geht schon aus einer Vergleichung jener Orte zwischen 45° *bis* 56° *mit den Orten, die etwa auf* 60° *der Breite liegen, hervor.*

Nach den gedachten Beobachtungen des Probsten Herrberg **) am *Hardangerfjord*, im Stifte Bergen in Norwegen (60°), in 9 Jahren (1798—1806), erhält man für die Jahre 1798—1803 in *Quindherred*, 68' über der Meeresfläche, 338‴,00, für die Jahre 1804—1806 in *Ullensvang* auf 24' Höhe: 335,77 als uncorrigirte Mittelstände. — Wird die Mittelwärme von Ullensvang 5°,4 R. ***) zur Correction benutzt, und der Barometerstand zur Meeresfläche reducirt, so wird das allgemeine Mittel aus den 9 Jahren . . . . 335‴,55.

Hiermit stimmen die Beobachtungen vom Lector Böhr in *Bergen* (60°) †) sehr wohl überein. Als Mittel-Barometerstand nach 4jährigen Beobachtungen (1818 bis 1821) führt er 27",910 von Paris, und als Mittelwärme

*) *Journal de Physique* 1798. *p.* 158.

**) v. Buch, Gilbert's Annalen 25. B. S. 330 folg.

***) Vergl. mein *Specimen geographiae physicae comparativae p.* 41.

†) Magazin for Naturvidenskaberne 1823. 2. B.

6°,48 R. Die Beobachtungszeit ist nicht angegeben; wahrscheinlich, wegen der hohen Mittelwärme, die Mittagsstunde. Ob die Barometer-Beobachtungen reducirt sind, wird auch nicht bemerkt; ich vermuthe es jedoch, da Prof. Hansteen *) sie als auf 0° reducirt citirt. Auch die Angabe der Höhe wird vermifst; Hansteen schätzt sie auf 50'. — Sind diese Voraussetzungen richtig, so bekommt man . . . . 335''',58.

Für *Christiania* (60°) geben die Beobachtungen vom Prof. Hansteen **) in 18 Monaten (1822 — 1824), zwei Mal täglich (des Morgens und 2—3 Uhr Nachm.), auf 0° und die Meeresfläche reducirt . . . . 335''',91.

Prof. Esmark's ***) Beobachtungen, ebendaselbst, in 7 Jahren (1816—22), auf 0° reducirt: 335,83. Die Meereshöhe beträgt 36 rheinl. Fufs (=35 pariser), die mittlere Wärme 4°,1 R. Die Beobachtungsstunden sind nicht angegeben. Demnach wird das Mittel . 336''',30.

Wilse's Beobachtungen in *Spydberg* (59½°) †), aus den Jahren 1785 und 1786, mit einem ihm von Bugge aus Kopenhagen übersandten Barometer, das mit dem manheimschen übereinstimmte, gaben 330''',78. Die mittlere Temperatur nach der Angabe des Barometers im Freien 2°,12 R., die Meereshöhe wird zu ungefähr 400' angegeben; die Beobachtungsstunden waren 7, 2, 9. Demnach wäre der Mittelstand am Meere . . 336''',16.

Dafs nach den Beobachtungen mit manheimischen Instrumenten der mittlere Stand in *Stockholm* 335,65 beträgt, in Delft und Middelburg 336,71 und 336,60, ist schon bemerkt.

Etwas höher ist der Mittelstand in *Petersburg* (60°)

*) Ebendaselbst 1824. 1. B. S. 289.

**) Ebendaselbst S. 287.

***) Ebendaselbst 1823. 1. B.

†) *Ephemerides Manheimenses.*

Digitized by Google

nach Euler's *) zwanzigjährigen Beobachtungen (1772 bis 1792), 3 Mal täglich (6—7, 2, 10—11 Uhr), 30 bis 40' über der Newa. Euler giebt als Mittel von allen Beobachtungen 28",052 an; wird diefs als uncorrigirt angenommen und durch 2°,7 R., als die Mittelwärme von Petersburg aus denselben Jahren, corrigirt, so erhält man für das Niveau der Newa . . . . 336''',89.

Weit bedeutender wird die Abnahme der Mittelhöhe, wenn man den 60. *Grad der Breite übersteigt.* Hier bieten sich zuerst die Beobachtungen vom Landphysicus Thorstensen, aus den Jahren 1820 — 1832, in *Näs* bei Reikiavig auf Island (64°), dar **). Sie wurden einmal, in der Regel um 9 Uhr Vormittags, und auf einer Höhe von 40' über der Meeresfläche, angestellt. Am Barometer war ein Thermometer angebracht. Die Temperatur der freien Luft beträgt 3°,5 R. Nach diesen Datis wird der Mittelstand, auf 0° und das Meer reducirt . . . . 333''',36.

In *Eyafiord* an der Nordküste Islands (66°) wurde der Barometer vom Capitain v. Scheel ***), drei Mal täglich, in 2 Jahren (vom Juni 1811 bis Juni 1813) beobachtet. Der aus diesen Beobachtungen berechnete Mittelstand ist 333,93. Das Mittel für das freie Thermometer + 0°,16 R. Das Barometer war in einem ungeheitzten Zimmer und 10—12' über der Meeresfläche angebracht. Der auf das Meer und auf 0° reducirte Mittelstand beträgt demnach . . . . 334''',06.

Nach folgenden Beobachtungsreihen, gröfstentheils im

*) *Nova acta Petropolitana T. IX.* 1795. *p.* 433.

**) In den ersten 2 Jahren wurden die Beobachtungen in Reikiawig selbst angestellt, auf einer ähnlichen Höhe über dem Meer. Thorstensen's Barometer wurde mit einem im Jahre 1825 übersandten Barometer in 9 Tagen verglichen und völlig übereinstimmend gefunden.

***) *Annals of Philosophy Vol. XI. p.* 96 *u.* 169.

Digitized by Google

Besitz der Gesellschaft der Wissenschaften, scheint der Mittelstand in Grönland auf gleicher Breite noch niedriger zu seyn.

In sieben Monaten (October 1828 — April 1329) stellte Doctor Pingel in *Frederikshaab* (62½°) Barometer-Beobachtungen, auf einer Höhe von 23' über dem Meer, an. Sie wurden 5 Mal täglich gemacht (um 9, 12, 3, 6, 9 Uhr), im April 6 Mal (nämlich auch um 6 Uhr Vormittags). Auf 0° und die Meeresfläche reducirt, wird das Mittel . . . . 331''',80.

Freilich ist der Zeitraum zu kurz, doch wird die niedrige Mittelhöhe durch die Uebereinstimmung mit andern Beobachtungen aus benachbarten Orten wahrscheinlich.

Für *Gothaab* (64°) sind drei Beobachtungsreihen vorhanden. Die Manheimer Ephemeriden enthalten Ginge's Beobachtungen in 6 Monaten (Januar — Juni 1787), 3 Mal täglich (7, 2, 9). Nach Schön's Berechnung*) erhält man, das Barometer auf 0° reducirt, 331''',23, freies Thermometer — 2°,8. Die Kürze der Zeit und die Ungewifsheit, welche über die Höhe stattfindet, so wie darüber, ob das Barometer in einem kalten oder warmen Zimmer angebracht gewesen ist, — erregen Zweifel. Das Mittel wird aber durch die Beobachtungen bestätigt, welche Lieutenant Wormskiold an demselben Orte in 6 Monaten (Decemb. 1812 — Mai 1813), 2 bis 3 Mal täglich, angestellt hat. Er beobachtete in einem Zimmer, dessen Temperatur, dem Journale zufolge, in der Regel 10° R. betrug. Die Höhe des Inspecteur-Hauses, worin die Beobachtungen vermuthlich gemacht wurden, beträgt 40', die mittlere Temperatur +0°,4 und der Mittelstand daher 332,32. Hiermit stimmen endlich die fünfjährigen Beobachtungen des Inspector Mühlenphort (1816 bis 1821), denn diese, in dem gedachten Hause angestellt, geben . . . . 333''',36.

*) *Ephemerides Manheimenses.* — Schön, Witterungskunde Tafel VI.

Für *Godhavn* (68°) lieferte Major Fasting Barometer-Beobachtungen von 20 Monaten in den Jahren 1830—31. Die Beobachtungen wurden in einem ungeheitzten Zimmer mehrmal täglich zu verschiedenen Stunden angestellt. Die Meereshöhe, nach der mündlichen Mittheilung von Capitain Graah, 14'. Das Mittel des Barometers ist 333''',704, des freien Thermometers —1°,8 R. Demnach wird der Mittelstand für die Meeresfläche . . . . 334''',03.

An demselben Beobachtungsorte observirte Capitain Graah in 10 Monaten (Octob. 1823—Juli 1824), 3 Mal täglich (um 6, 12, 8 Uhr); das Mittel des Barometers beträgt 333'''913. Im October und November war der Barometer in einem Zimmer aufgehängt, dessen Mittel-Temperatur etwa +5 R. betrug, später in einem kalten. Das Mittel des freien Thermometers ist —5°5 für December—Juli; —5°,0 für October — Juli. Der reducirte Barometerstand . . . . 334''',35.

In *Upernavik* (73°) beobachtete Cortsen in 11 Monaten (1830—31) 3 Mal täglich. Mittelstand des Barometers 333''',866, des freien Thermometers —6°,42 R. Höhe etwa 30'. Der reducirte Mittelstand . 334''',77.

Die Correction für die Wärme ist jedoch unsicher, da es ungewifs ist, ob das Barometer in einem kalten oder geheitzten Zimmer angebracht gewesen ist.

Vergleicht man die Mittelstände der beiden letzten Orte in Nord-Grönland mit den ersteren aus Süd-Grönland, so *scheint die Barometerhöhe innerhalb des Polarkreises wiederum zu steigen.* Diefs bestätigt sich durch die Beobachtungen von Parry und Scoresby.

Die auf Parry's erster Reise *) zwischen dem 74. und 75. Grade N. B. angestellten Beobachtungen in einem Jahre (vom September 1819 bis September 1820) geben ein Mittel von 336''',37; das Mittel des Thermo-

*) Parry, *Journal of a voyage for the discovery of a North-west Passage. London* 1821. *p.* 269.

meters ist — 13°,6 R. Aus dem Journale sieht man nicht, ob die Barometerstände corrigirt sind oder nicht; auch nicht, ob das Barometer in einem geheitzten Zimmer der Cajüte angebracht gewesen ist, oder in freier Luft; letzteres ist jedoch nicht wahrscheinlich, da die im Journale angeführten Thermometerstände bisweilen unter dem Gefrierpunkte des Quecksilbers stehen. Setzt man voraus, daſs die Barometerstände bereits auf 0° reducirt sind, so wird der Mittelstand . . . . 336''',37;
wird dagegen angenommen, daſs sie uncorrigirt sind, und das Barometer in freier Luft hing, so wird der Mittelstand . . . . 337 ,40;
unter Voraussetzung, daſs es im Zimmer bei 10° R. gewesen ist . . . . 335 ,61;
endlich unter Voraussetzung einer Mittelwärme von 15° R., was freilich nicht wahrscheinlich ist 335 ,24.

Unter jeder dieser Voraussetzungen aber wird der Mittelstand höher als in Grönland und Island.

Parry's Barometer-Beobachtungen bei *Winter-Island* (66° N. B.) *), vom 15. October 1821 bis 7. Juni 1822, geben 29''749 engl. M. Das Mittel des Thermometers in freier Luft + 11°,25 Fahr. Benutzt man dieses Mittel zur Correction, so wird das barometrische Mittel 29,811 oder . . . . 335''',66.

Die Beobachtungen bei Island of Igloolik ($69\frac{1}{2}$° N. B.) **), vom 13. November 1822 bis 21. Juli 1823, Barom. 29'',912, Therm. + 19°,89 Fahr., und auf 0 R. reducirt . . . . 337''',20.

Scoresby ***) besuchte in einer Reihe von Jahren, 1807—1818, die Gewässer bei Spitzbergen, in dem April — Juli. Die mittlere Breite der Reisen beträgt

*) *Appendix to Captain* Parry's *Journal of a Second voyage etc. in the years* 1821 — 1823. *London* 1825. *p.* 266 *f.*

**) *Ibid. p.* 271 *f.*

***) *Account of the arctic regions. Vol. I App. p.* 48. 1820.

$75\frac{1}{2}^{\circ}$, der Mittelstand aller Barometer-Beobachtungen ist 29",861^{mm}, der Thermometer-Beobachtungen 28°,8 Fahr. Hier wird nicht angeführt, ob die Barometerstände corrigirt sind. Der Mittelstand wird:

unter Voraussetzung einer schon vorgenommenen Correction	336''',22.
Corrigirt mittelst der beigefügten Mittelwärme	336 ,33.
- - einer Mittelwärme von 10° R.	335 ,47.
- - - - 15° R.	335 ,09.

Folglich wird, unter jeder Voraussetzung, der Mittelstand höher als in Island und Grönland.

Die von Erman *) gesammelten Beobachtungen deuten darauf hin, dafs der Mittelstand des Barometers in Kamtschatka, an der Westseite von Nordamerika, vielleicht auch an der Ostküste Sibiriens, bedeutend niedriger sey, als derjenige, den man für die gemäfsigte Zone im Allgemeinen annimmt. Die von ihm selbst angestellten Beobachtungen umfassen indefs zu kurze Zeiträume, um für diese Breitegrade den niedrigen Stand beweisen zu können. Aus seinen Beobachtungen im Juni in Ochozk (59°) erhielt er als Mittel 332''',09 **), aus denen vom 16. August bis 3. September bei Tigil an der Westküste von Kamtschatka (58°): 333''',04 ***). Allein es ist schon oben bemerkt, dafs die Beobachtungen aus Näs in Island Beispiele von 324,72 und 340,64 als monatliche Mittel darbieten. Aus demselben Grunde sind die auf der Corvette Krotkoi, bei Peterpauls Hafen ($52\frac{1}{2}^{\circ}$), zwischen dem 20. Juli und 11. October 1829, fünf Mal täglich angestellten Beobachtungen nicht hinreichend, den niedrigen Stand zu beweisen. In den Angaben Gmelin's, nach welchen der Barometerstand bei Ochozk

11 mo-

*) Diese Annalen 23. B. S. 121.

**) Diese Annalen 23. Bd. S. 126.

***) Nämlich 331,13; reducirt auf das Meer (150') 333''',04. — Ebendas. S. 127.

11 monatlichen Beobachtungen zufolge 332‴,55, und bei Bolscherezk, an der Westküste Kamtschatka's (52°) sogar nur 330‴,50 seyn soll, darf man auch kein grofses Vertrauen setzen, besonders da über die Meereshöhe Zweifel obwalten *).

Dagegen beweisen Capitain Stanitzky's Beobachtungen in *Peterpauls-Hafen* ($52\frac{1}{2}$°) und Capitain Tschistjakoff's auf *Sitcha* (57°) **) unstreitig, dafs die mittlere Höhe des Barometers in diesen Gegenden niedrig ist.

Jene, welche ein Jahr umfassen, geben . 334‴,06.
Diese, zehn Monate einschliefsend . . . 334 ,90.

Als absolute Mittel sind diese jedoch, wegen der Kürze der Zeiträume zweifelhaft, und dürfen leicht 1—2‴ von den wahren abweichen.

Von hoher Breite in der südlichen Halbkugel wüfste ich nur eine Beobachtungsreihe anzuführen, die lang genug wäre, um ein approximatives Mittel zu liefern; die Beobachtungen nämlich vom Capitain King am Port *Famine* an der Magelhan-Strafse ($53\frac{1}{2}$° S. B.) vom Februar bis August 1828, 5 Mal täglich (6, 9, 12, 3, 6). Der Mittelstand am Meere, auf 0° reducirt und für die Capillarität corrigirt, beträgt . . . . 331‴,73.

Diefs beweist, dafs auch dort ein niedriger Barometerstand stattfindet; das Mittel selbst kann aber wegen Kürze des Zeitraums nicht als genau betrachtet werden.

Die beigefügte Tafel I enthält diejenigen Beobachtungsreihen, bei welchen die benutzten Instrumente unter sich verglichen worden sind.

Tafel II eine Auswahl derjenigen, die wegen Vergleichung der Instrumente, Länge der Beobachtungszeit, genauer Angabe der Meereshöhe und der Correctionen, oder auch wegen der sehr bedeutenden Abweichungen am sichersten zur Ausmittelung der hier obwaltenden Na-

*) Erman a. a. O. S. 130 Note *).

**) Ebendas. S. 127—130, 146.

turgesetze führen können, wobei ich mich auf das atlantische Meer und dessen Buchten beschränkt habe.

Tafel III die Resultate aller hier angegebenen Mittelstände.

Um die allgemeine Uebersicht zu erleichtern, und nur als durchaus *provisorisch*, gebe ich für die Meridiane zwischen 45° Ost und 45° West von Ferro folgende Zahlen:

Breite.	Mittelhöhe des Barometers am Meere auf 0° reducirt.
0°	337''',0
10	337 ,5
20	338 ,5
30	339 ,0
40	338 ,0
50	337 ,0
60	335 ,5
65	333 ,0
70	334 ,0
75	335 ,5.

Nachdem der Einfluſs der geographischen *Breite* erwiesen ist, entsteht die Frage: *ob auch die geographische Länge Unterschied mit sich führe?* Erman*) ist dieser Meinung. Er nimmt an, daſs der Druck der Atmosphäre auf den Meridianen der Azorischen Inseln ein Maximum darbiete, von diesen gegen Ost und West abnehme, und endlich auf dem Meridian von Kamtschatka ein Minimum erreiche. Diesen Satz beweist er durch Vergleichung der von ihm sowohl innerhalb der Passatstriche als auſserhalb derselben bis zum 52. Grad N. B. angestellten Beobachtungen, auf 4 von ihm angenommenen Meridianen zurückgeführt, nämlich:

*) A. a. O. S. 134 folg.

Digitized by Google

	Mittellänge							
d. azorisch. f. d. extratrop. Zone	327°	f. d. SO. pass.		325°	d. NO. pass.		328°	
- capverdisch.	-	- 345	-	- 332	-	-	340	
- Sitcha-Panam.	-	- 231	-	- 222	-	-	237	
- Kamtschatkisch.	-	- 158	-	- 177	-	-	165.	

Ferner dadurch, dafs die Mittelstände in Ochozk und Kamtschatka niedriger sind, als in Sitcha, und an beiden Orten niedriger als in Europa.

Gegen diese Erman'sche Theorie lassen sich, wie mir scheint, bedeutende Einwürfe machen:

1) Willkürlich ist erstlich die Trennung der azorischen und capverdischen Meridiane. Die Inselgruppen, nach welchen diese Meridiane benannt sind, liegen fast auf derselben geographischen Länge; zwischen dem von Erman angenommenen Meridian ist nur ein Unterschied von respective: 7, 12 und 18°, und unter den einzelnen in der Tabelle aufgeführten Mitteln kommt nicht selten derselbe Meridian in beiden Meridian-Zonen vor, z. B. für den Südostpassat: 326°,6 in der azorischen, 326°,9 in der capverdischen Zone; 329°,5 in jener, 329°,4 in dieser; und aufserhalb der Passatstriche 342°,0 in der ersten, 341°,5 in der zweiten.

2) Da die aus den Beobachtungen zwischen dem Nordost-Passat und 52° N. B. gezogenen Mittel, nämlich:

des Azorischen . .	Meridians	339,55
- Capverdischen .	-	338,61
- Sitcha-Panamischen	-	336,55
- Kamtschatkischen	-	336,21

nur aus Zeiträumen von ungefähr 30 Tagen gezogen, und dabei unter sich wenig verschieden sind, so scheinen sie zur Beantwortung unserer Frage ohne alle Bedeutung.

3) Selbst innerhalb der Passate sind die Unterschiede nicht gröfser, als dafs sie leicht ganz zufällig entstanden seyn könnten; die Mittel sind

Azorischer	Meridian	339,23
Capverdischer	-	338,36
Panamischer	-	338,47
Kamtschatkischer	-	337,56.

Digitized by Google

Um den Einfluſs des jährlichen Ganges zu heben, hat er in allen vier Längezonen in dem einen Passate Beobachtungen aus den Winter-, in dem andern aus den Sommer-Monaten gewählt. Allein da die Monate erstlich nicht vollkommen einander entsprechen, und es zweitens nicht entschieden ist, daſs der jährliche Gang unter nördlicher und südlicher Breite derselbe ist, so wird es sehr zweifelhaft, ob die aufgeführten Mittel als wahre, jährliche Mittel zu betrachten seyen. Wie unsicher solche Vergleichungen sind, wird folgendes Beispiel darthun. Nach Erman's Berechnung ist das Mittel für den azorischen Meridian der beiden Passate 339,23, für den Panamischen 338,47. — Wollte man aber nur den Südostpassat berücksichtigen, so hätte man 339,02 für den azorischen, 338,01 für den panamischen. Die Beobachtungen des ersten dieser Mittel wurden im Juli gemacht, die des zweiten im Januar und Februar; allein die Beobachtungen in Rio Janeiro geben für Juli ein Mittel, das 2''',90 höher ist, als der Mittelstand vom Januar und Februar *). Wollte man nun diese Zahl als Correctionsmittel benutzen und dann

für den azorischen Meridian		336,12
- - panamischen	-	338,01

setzen; so würde umgekehrt der letztere und nicht der azorische Meridian der meizonobarische werden.

4) Die Beobachtungsreihen von Ochozk und von der Westseite Kamtschatka's dürfen, wie oben bemerkt, nicht als Beweise aufgeführt werden, und selbst die für Peterpauls-Hafen und Sitcha erhaltenen Mittel sind zu wenig unter sich verschieden, und aus zu kurzen Beobachtungen gezogen, um ein Steigen von Kamtschatka aus gegen Osten zu beweisen. Die Vergleichung sämmtlicher, aus diesen Gegenden gelieferter, Mittel mit den europäischen auf gleicher Breite, deuten freilich auf einen dortigen niedrigen Stand hin, beweisen ihn aber nicht, und

*) v. Buch in diesen Annalen 15. Bd. S. 357.

noch weniger kann man daraus schliefsen, dafs nicht noch ein zweites Minimum vorhanden sey.

5) Erman's azorischer Meridian, den er als den meizonobarischen ansieht, trifft unter höheren Breiten auf Island und Grönland, wo, nach den oben aufgeführten Thatsachen, ein sehr niedriger Mittelstand stattfindet, und ein Mittelstand, der, aller Wahrscheinlichkeit nach, bedeutend niedriger ist, als der, welcher östlicher in Norwegen und Schweden statt hat.

6) Die hohen Mittelstände auf Isle de France (338''',92 unter dem 20. Grad der Breite), Macao (338''',23 unter 23° der Breite) und Tripoli (340''',19 unter 33° Breite) sprechen gegen die Annahme des azorischen Meridians als meizonobarisch. Ebenso der Umstand, dafs der Mittelstand in Petersburg höher zu seyn scheint, als der von Bergen, Hardanger, Christiania und Stockholm, und bedeutend höher als derjenige, den man für Grönland und Island annehmen mufs. Man kann daher der Theorie von *einem* meizonobarischen und *einem* mejonobarischen Meridian nicht beitreten, oder die ihnen gegebene Lage als erwiesen ansehen. Jedoch darf man annehmen, dafs die isobarischen Linien nicht mit dem Aequator parallel laufen. Wir besitzen aber noch zu wenig Materialien, um die Biegungen auszumitteln; wahrscheinlich scheint es mir, dafs diese Linien in unsrer Halbkugel zwei Maxima und zwei Minima haben.

Mehrere in dieser Abhandlung aufgeführte Mittelstände scheinen darauf hinzudeuten, dafs der Mittelstand des Barometers an dem atlantischen Meere selbst niedriger ist, als an den tiefen Busen desselben, z. B.

Madeira	339,20	Edinburgh	336,13	Hardanger	335,55
Tripoli	340;19	Apenrade	336,62	Petersburg	336,89
		Königsberg	337,12.		

Der Mittelstand in Grönland und Island unter 62°—64° ist aller Wahrscheinlichkeit nach niedriger als unter der-

Digitized by Google

selben Breite in Scandinavien; bei der Melville-Insel höher als bei Upernavik.

Durch diese Untersuchungen ist das für den mittleren Druck der Atmosphäre obwaltende Naturgesetz nur *zum Theil* bestimmt. Es scheint daher noch zu früh, die Ursachen zu den Veränderungen der mittleren Barometerhöhe zu bestimmen, und noch mehr eine vollständige Theorie aufzustellen. — Jedoch kann ich die Bemerkung nicht zurückhalten, dafs dieselben Ursachen, die im Allgemeinen die Barometer-Veränderungen hervorbringen, nämlich die Veränderungen in der Temperatur und in dem Zustande der wäfsrigen Dünste, auch hier wirksam zu seyn scheinen.

Nach den Hauptzügen des meteorischen Characters, scheinen vom Aequator bis jenseits des Polarkreises für das atlantische Meer und dessen Küsten folgende Zonen sich darzubieten:

1) Zwischen 0°—15° eine Zone, worin die Temperatur sehr hoch ist, und wo in einem Theile des Jahres die Wolkenbildung und die wäfsrigen Niederschläge häufig und bedeutend sind. Das jährliche Medium des Luftdruckes wird von mittlerer Gröfse (337,0—338‴,0).

2) Zwischen 15°—30° eine Zone, wo ein fast ununterbrochener Wind eine trockne und wolkenlose Luft herbeiführt, und wo es selten oder nie regnet. Das jährliche Mittel wird sehr hoch (338—339‴).

3) In der dritten Zone, zwischen 30°—45°, werden die trocknen Winde, besonders im Winter, von dem zurückkehrenden Passat (S. W.) unterbrochen; dieser bringt von der heifsen Zone eine warme mit wäfsrigen Dünsten geschwängerte Luft, und veranlafst Wolkenbildungen und Niederschläge. Das Mittel ist noch hoch, doch niedriger als das der zweiten Zone (339—337‴,5).

4) Die vierte Zone, zwischen dem 45° der Breite und dem Polarkreise, empfängt während des ganzen Jahres, besonders aber im Sommer, den zurückkehrenden

Passat, und der Streit dieses Windes mit den entgegengesetzten, welche gewöhnlich trocken und kalt sind, geben fortwährend zur Bildung von Wolken und zu häufigen Niederschlägen Anlafs. Die Abnahme der mittleren Barometerhöhe ist sehr merkbar, und wird um so bedeutender, als die Winde veränderlicher, die Wolkenbildungen und Niederschläge häufiger werden (337,5—333‴,0).

Im Innern der tiefen Meeresbuchten ist die Abnahme weniger bedeutend, weil auch der Südwest, die Wolken und die Niederschläge hier weniger häufig werden.

5) Innerhalb des Polarkreises, in der fünften Zone, die aufserhalb des Einflusses des zurückkehrenden Passates zu seyn scheint, steigt die mittlere Barometerhöhe*).

Der mittlere Stand des Barometers am Meeresufer scheint daher vom Aequator bis jenseits des Polarkreises einen Cyklus von Veränderungen darzubieten, dem ähnlich, welchen man bisweilen in unsern Gegenden im Laufe eines halben Tages wahrnehmen kann. Das Barometer steht z. B. am Mittage auf 337‴,0, einige Stunden später weht der Nordost und bringt das Barometer allmälig bis 339‴,0 hinauf; gegen Abend schlägt der Wind um, der Südwest bringt eine warme, mit sichtbaren Dünsten geschwängerte Luft, und das Barometer fällt bedeutend, z. B. bis auf 333‴,0. Gegen Mitternacht aber erhebt sich ein frischer Wind aus Norden oder Osten, der das Barometer wieder gegen den Mittelsfand hinaufbringt.

*) Vergleiche mit dieser Darstellung, was ich früher über die Windverhältnisse des nördlichen Europa (Beiträge zur Climatologie, 1. Heft. 1827) und über die Regenverhältnisse Italiens (Hertha, 5. B. p. 90. 1826) bemerkt habe.

Digitized by Google

Tafel I.

Mittelstände am Meere nach Beobachtungen mit verglichenen Instrumenten.

A. **Mittelstände auf das Normal-Barometer in Altona reducirt.**

Beobachtungs-Ort.	Breite.	Mittelst. d. Barom. auf 0° R. red.	Beobachtungszeit.	Beobachter.
Christiansborg	5½° N. B.	336‴,95	22 Monat	Trentepohl und Chenon.
Neapel	41 - -	337 ,91	7 Jahr	Brioschi.
Florenz	43½ - -	337 ,76	9 -	Inghirami.
Bologna	44½ - -	337 ,87	5 -	Caturegli und Moratti.
Padua	45 - -	337 ,87	15 -	d. Astronomen.
Altona	53½ - -	337 ,09	6 -	Schumacher.

B. **Mittelstände auf das Barometer des Observatoriums zu Paris reducirt.**

Guayra	10 ° N. B.	336‴,98	12 Tage	Boussingault.
Avignon	44 - -	337 ,80	10 Jahr	Guérin.
Paris	49 - -	337 ,53	11 -	Bouvard.

C. **Mittelstände auf das Barometer der Royal Society in London reducirt.**

Palermo	38 ° N. B.	338‴,21	35 Jahr	Cacciatore.
London	51½ - -	337 ,33	7 -	Observat. der Royal Society.

D. **Mittelstände nach den mit Instrumenten der Manheimer Gesellschaft angestellten Beobachtungen.**

Marseille	43½° N. B.	337‴,27	10 Jahr	Silvabella.
Middelburg	51½ - -	336 ,60	3 -	van der Perre.
Delft	52 - -	336 ,71	2 -	v. Swinden.
Stockholm	59½ - -	335 ,65	5 -	d. Astronomen.

Hiermit sind die Beobachtungen zu vergleichen, welche auf Seereisen mit demselben Instrumente angestellt und Seite 402—408 angeführt sind.

Digitized by Google

Tafel II.

Auswahl der zuverlässigsten Resultate zwischen dem 45° östlicher und 45° westlicher Länge von Ferro.

Beobachtungs-ort.	Breite.	Bar. auf 0° red.	Zeit.	Beobachter.
Cap	33° S. B.	338''',24	9 Jahr	Puhlmann und Wahlstrand.
Rio Janeiro	23 - -	338 ,69	3 Monat	Eschwege.
Peru	12-13 - -	337 ,35		Pentland.
Christiansborg	5½° N. B.	336 ,95	22 Monat	Trentepohl und Chenon.
Guayra	10 - -	336 ,98	12 Tage	Boussingault.
St. Thomas	19 - -	337 ,13	1 Jahr	Hornbeck.
Macao	23 - -	338 ,23	1 -	Richenet.
Teneriffa	28 - -	338 ,77	3 -	Escolar.
Madeira	32½ - -	339 ,20	2 -	Heineken.
Tripolis	33 - -	340 ,19	4 Monat	Denham, Clapperton.
Palermo	38 - -	338 ,21	35 Jahr	Cacciatore.
Neapel	41 - -	337 ,94	7 -	Brioschi.
Florenz	43½ - -	337 ,76	9 -	Inghirami.
Avignon	44 - -	337 ,80	10 -	Guérin.
Bologna	44½ - -	337 ,87	5 -	Caturegli und Moratti.
Padua	45 - -	337 ,87	15 -	d. Astronomen.
Paris	49 - -	337 ,53	11 -	Bouvard.
London	51½ - -	337 ,33	7 -	Royal Society.
Altona	53½ - -	337 ,09	6 -	Schumacher.
Danzig	54½ - -	336 ,95	2 -	Strehlke.
Königsberg	54½ - -	337 ,12	8 -	Sommer.
Apenrade	55 - -	336 ,72	5 -	Neuber.
Edinburgh	56 - -	336 ,13	3 -	Forbes.
Christiania	60 - -	336 ,30	7 -	Esmark.
Hardanger	60 - -	335 ,55	9 -	Herzberg.
Bergen	60 - -	335 ,58	4 -	Bohr.
Reikiavig	64 - -	333 ,36	12 -	Thorstensen.
Godthaab	64 - -	333 ,33	5 -	Mühlenpfort.
Eyafiord	66 - -	334 ,06	2 -	Scheel.
Godhavn	68 - -	334 ,14	2½ -	Graah u. Fasting
Upernavik	73 - -	334 ,77	11 Monat	Cortsen.
Melville-Insel	74½ - -	335 ,61	1 Jahr	Parry.
Spitzbergen	75½ - -	335 ,47	(6—12J.) (Ap.-Jul.)	Scoresby.

Tafel III.

Sämmtliche in der Abhandlung angeführten Mittelstände.

Breite.	Beobachtungs-ort.	Bar. auf 0° R. red.	Beobachtungszeit.	Beobachter.	Anmerkungen.
N.B. $75\frac{1}{2}$°	Spitzbergen	335''',47	6—12 J.*)	Scoresby	Die Correction für die Temp. ungewiſs.
- - $74\frac{1}{2}$	Melville - Insel	335 ,61	1 Jahr	Parry	Ebenfalls und der Zeitraum zu kurz
- - 73	Upernavik	334 ,77	11 Monate	Cortsen	Ebenfalls.
- - 68	Godhavn	334 ,03	20 -	Fasting	
		334 ,35	10 -	Graah	
- - 66	Eyafiord	334 ,06	2 Jahr	Scheel	
- - 64	Godthaab	331 ,23	6 Monate	Ginge	Die Zeit zu kurz, Temp. und Höhe ungewiſs.
		332 ,32	6 -	Wormskiold	Die Zeit zu kurz, die Höhe ungewiſs.
		333 ,33	5 Jahr	Mühlenpfort	
- - 64	Reikiavig	333 ,36	12 -	Torstensen	
- - 62	Frederikshaab	331 ,80	7 Monate	Pingel	Zu kurzer Zeitraum.
- - 60	Bergen	335 ,58	4 Jahr	Bohr	
- - 60	Hardanger	335 ,55	9 -	Herzberg	
- - 60	Christiania	336 ,30	7 -	Esmark	
		335 ,91	18 Monate	Hansteen	
- - 60	Petersburg	336 ,89	20 Jahr	Euler	Die Correction für die Temp. ist ungewiſs.
- - $59\frac{1}{3}$	Stockholm	335 ,65	5 -	d. Astronomen	Manh. Barom., das wohl zu niedrig ist.
- - $59\frac{1}{2}$	Spydberg	336 ,16	2 -	Wilse	Die Höhe ungefähr.

*) April bis Juli.

Digitized by Google

Breite.	Beobachtungs-Ort.	Bar. auf 0° R. red.	Beobachtungszeit.	Beobachter.	Anmerkungen.
N. B. 57°	Sitcha	331''",90	10 Monate	Tschistjakoff	Die Zeit zu kurz.
- - 56	Edinburgh	336 ,09	6 Jahr	Playfair	Die Beobachtungen nahe am tägl. Maximum.
- - 56	Canaan Cottage	336 ,75	5 -	Adie	
- - 56	Coliton House	336 ,13	3 -	Forbes	
- - 55	Apenrade	336 ,72	5 -	Neuber	
- - $54\frac{1}{2}$	Königsberg	336 ,95	2 -	Observat.	
		337 ,12	8 -	Sommer	
- - $54\frac{1}{2}$	Keswick	337 ,33	5 -	Dalton	Die Correct. für Temp. u. Höhe ist ungewifs.
- - $54\frac{1}{2}$	Danzig	336 ,95	2 -	Strehlke	
- - $54\frac{1}{2}$	Kendal	336 ,67	5 -	Dalton	Die Correct. für Temp. u. Höhe ist ungewifs.
- - $53\frac{1}{2}$	Manchester	337 ,82	25 -	Dalton	Die Höhe etwas ungewifs.
- - $53\frac{1}{2}$	Altona	337 ,09	6 -	Schumacher	
- - $52\frac{1}{2}$	Peterpauls Hf.	334 ,06	1 -	Stanitzki	Zu kurzer Zeitraum.
- - 52	Delft	336 ,71	2 -	v. Swinden	Manheim. Barom.
- - $51\frac{1}{2}$	London	337 ,33	7 -	Royal Society	
- - $51\frac{1}{2}$	Middelburg	336 ,60	3 -	v. der Perre	Manheim. Barom.
- - 49	Paris	337 ,53	11 -	Bouvard	
- - 46	Rochelle	338 ,10	4 -	Fleuriau Bellevue	
- - 45	Padua	337 ,87	15 -	Die Astronomen	

Digitized by Google

Breite.	Beobachtungs-orte.	Bar. auf 0° red.	Beobachtungszeit.	Beobachter.	Anmerkungen.
N.B. 44½°	Bologna	337‴,87	5 Jahr	Caturegli und Moratti	
- - 44	Avignon	337 ,80	10 -	Guérin	
- . 44	Nizza	336 ,50	20 -	Risso	Die Höhe ungefähr.
- - 43½	Marseille	337 ,27	10 -	Silvabella	Manheim. Barom.
- - 43½	Florenz	337 ,76	9 -	Inghirami	
- - 41	Neapel	337 ,91	7 -	Brioschi	
- - 39	Cagliari	337 ,03	3 -	Marmora	
- - 38	Palermo	338 ,21	35 -	Cacciatore	
- - 36	Malta	336 ,79	168 Obs.	d'Angos	Die Zeit zu kurz.
- - 33	Tripolis	340 ,19	Nov. bis März.	Denham und Clapperton	Die Höhe ist nicht angeführt.
- - 32½	Madeira	339 ,20	2 Jahr	Heineken	
		342 ,66	4 Beob.	Sabine	Die Zeit zu kurz.
- - 30	Cairo	336 ,41	1 Jahr	Coutelle	Nichts für die Höhe gerechnet.
- - 28	Teneriffa	338 ,77	3 -	Escolar	
- - 28	Gran Canaria	339 ,09	20 Tage	v. Buch	
- - 23	Macao	338 ,23	1 Jahr	Richenet	Nichts für die Höhe gerechnet.
- - 23	Havana	336 ,99	3 -	Ferrer	Gleichfalls.
- - 19	St. Thomas	337 ,13	1 -	Hornbeck	
- - 10	Guayra	336 ,98	12 Tage	Boussingault	
- - 10	Cumana	336 ,28		v. Humboldt	

Digitized by Google

Breite.	Beobachtungs-ort.	Bar. auf 0° red.	Beobachtungszeit.	Beobachter.	Anmerkungen.
N. B. 5½°	Christiansborg	336''',95	22 Monate	Trentepohl und Chenon	
S. B. 10	Timor	336 ,23		Freycinet	
- -12-13	Peru	337 ,35		Pentland	
- - 20	Isle de France	338 ,92	20 Tage	Freycinet	
- - 23	Rio Janeiro	338 ,69	3 Monate	Eschwege	
		339 ,95	1 Monat (August)	Freycinet	
		337 ,59	1 Jahr	Dorta	Nichts für die Höhe gerechnet.
- - 33	Cap	338 ,24	9 -	Puhlmann und Wahlstrand	Ebenfalls.
- - 53½	Port Famine	331 73	7 Monat	King	Die Zeit zu kurz.

III. *Beschreibung eines neuen Barometers; von A. T. Kupffer.*

Die Construction des Barometers hat in neueren Zeiten so viele Veränderungen erlitten, dafs alle Combinationen erschöpft scheinen; dennoch hat dieses Instrument noch nicht die für einige Untersuchungen erforderliche Genauigkeit. Wenn es gilt die Höhe eines Berges aus correspondirenden Barometerbeobachtungen zu finden, so lassen die Barometer von Gay-Lussac, Bunten etc. nichts zu wünschen übrig; wenn man die stündlichen Variationen der Barometerhöhen bestimmen will, so hat man die Wahl unter mehreren Constructionen, die gleich gut den Zweck entsprechen; aber wenn man den absoluten Werth der mittleren Barometerhöhe eines Orts zu finden die Absicht hat, so leistet keines der bekannten Barometer hinreichende Bürgschaft für die Genauigkeit des gefundenen Werthes. In der That, alle Barometer, deren man sich bis jetzt bedient hat, fehlen gegen einen Grundsatz, den man bei der Construction eines physikalischen Instruments nie vernachlässigen sollte, denjenigen, dafs jedes Instrument selbst die nöthigen Mittel darbieten mufs, um seine Fehler zu berichtigen.

Die Fehler barometrischer Beobachtungen können folgende Ursachen haben:

1) Die Parallaxe des Läufers, mit welchem man die Stelle der Quecksilberoberfläche im Barometer beobachtet. Dieser Fehler wird bei dem Fortin'schen Barometer gröfstentheils vermieden; denn hier visirt man längst den Rändern eines Ringes, dessen Ebene gewifs senkrecht auf der Axe des Barometers steht; aber es ist schwer, die beiden Ränder und die mitten inne liegende Quecksilberfläche zugleich gut zu sehen.

2) Wenn die Schärfe des Läufers (oder im Fortin'schen Barometer die Ränder des Ringes) nicht in derselben Linie mit der Nulllinie des Nonius liegt.

3) Wenn die Skale nicht vollkommen vertical ist.

4) Wenn eine kleine Menge Luft, ungeachtet des Auskochens des Quecksilbers, in der barometrischen Leere über dem Quecksilber zurückgeblieben ist.

5) Die Adhäsion des Quecksilbers an das Glas, welche zuweilen bei frisch ausgekochtem Quecksilber bedeutend ist, und die Capillardepression so sehr und auf eine so unregelmäfsige Weise modificirt, dafs die Beobachtungen ganz unsicher werden; so oft als man an die Röhre klopft, so oft hat man eine neue Quecksilberhöhe.

6) Wenn man die untere Quecksilberfläche mit einer Spitze einstellt, wie bei den Fortin'schen Barometern, so fällt oft der Nullpunkt der Skale nicht genau auf diese Spitze, oder wenn zwei Skalen da sind, so bildet zuweilen die eine nicht vollkommen die Fortsetzung der andern. Dieser Umstand tritt besonders leicht ein, wenn die beiden Skalen auf die hölzerne Einfassung des Barometers genagelt sind, die sich mit der Zeit durch Austrocknung zusammenzieht.

Alle diese Fehlerquellen sind in der neuen Construction zum Theil vermieden, zum Theil ist es leicht, vermittelst des Instruments selbst diese Fehler zu bestimmen.

Um der Skale eine senkrechte Stellung geben zu können, steht sie auf einem Zapfen, der sich in einer konischen Büchse dreht. Diese Büchse ruht auf drei Füfsen mit Stellschrauben. Der Zapfen trägt eine horizontale Platte *A*, *A*, Taf. VII Fig. 4, auf welcher sich vier Säulen *B*, *B* erheben. Diese Säulen tragen die Barometerskale mit den Mikroskopen *D*, *D*. Vermittelst einer Libelle *E* und der Stellschrauben kann man der Axe des Instruments eine senkrechte Lage geben. Die barometrische Skale besteht aus drei messingenen Röhren,

die sich in einander schieben. Die äufserste Röhre *C*, Fig. 4, ist auf der Querplatte befestigt, welche von den vier Säulen getragen wird. Eine zweite Röhre, deren zwei Enden *F*, *F*, Fig. 4, man hervorstehen sieht, schiebt sich in der ersten mit sanfter Reibung auf und nieder; eine Leiste *a*, welche darauf geschroben ist, und welche eine kleine Eintheilung trägt, macht, dafs sich die Röhre nicht um sich selbst drehe, und dafs man sie vermittelst der Schraube *o* anklemmen kann. Diese Röhre trägt das obere Mikroskop. Eine dritte viel kürzere Röhre *G*, Fig. 4, trägt die eigentliche barometrische Skale und das untere Mikroskop; da diese Röhre sich in die zweite hinein schiebt, so kann man, vermöge der Mikrometerschraube *H*, Fig. 4, die beiden Mikroskope beliebig einander nähern oder von einander entfernen. Die Röhre *G*, Fig. 4, kann vermittelst der ringförmigen Klemme *h* so an die Röhre *F* geklemmt werden, dafs die beiden Röhren gewissermafsen nur ein Stück bilden, und die Entfernung der beiden Mikroskope unveränderlich bleibt.

Die Mikroskope sind vollkommen cylindrisch abgedreht, und haben horizontale Fäden. Das obere Mikroskop ruht auf zwei gabelförmigen Unterlagen, deren eine höher oder niedriger gestellt werden kann, so dafs man der optischen Axe des Mikroskops eine vollkommen horizontale Lage geben kann. Die Stücke *l* sind so an die Mikroskope befestigt, dafs die Fäden der letzteren vollkommen horizontal sind, wenn die Enden der Stücke an die Unterlagen angelehnt sind.

Das Quecksilber ist in zwei gläsernen Röhren *H*, *H* und *I*, Fig. 5, eingeschlossen. *H*, *H* ist der längere, *I* der kürzere Schenkel des Barometers. Die beiden Röhren sind in eine Kapsel *K* von Gufseisen eingelassen; diese Kapsel hat einen beweglichen Boden, so dafs man das Quecksilber beliebig herauftreiben, und dadurch den leeren Raum über dem Quecksilber verengen kann. Ein Stab *L* vom Stahl unterstützt die längere Röhre

H,

H, *H*; an diesen Stab wird auch das Thermometer *N* gehängt, dessen Cylinder aus einem Stück derselben Röhre verfertigt worden ist, aus welcher die Barometerröhre gemacht wurde.

Um die barometrische Skale zu verificiren, oder um zu sehen, ob die auf der Röhre *G*, Fig. 5, angebrachte Eintheilung merklich die Entfernung der beiden Fäden in den Mikroskopen anzeigt, dient die senkrecht aufgehängte Röhre von Messing, Fig. 6, auf welcher zwei Striche so gezogen sind, dafs ihre Entfernung genau 750 Millimeter beträgt. Man kann diese Röhre vermöge der Schraube *n* höher und niedriger stellen. Die Schraube *n* ist da, wo sie aufruht, rund abgedreht, so dafs die Röhre immer von selbst eine senkrechte Lage annimmt. Diese Röhre schiebt man vor die Mikroskope, stellt diese auf die Striche ein, und notirt die Anzahl von Millimetern, welche die Skale anzeigt. Dann dreht man die senkrechte Axe des Instruments um 180° herum, dreht die Mikroskope ebenfalls um 180° um eine horizontale, auf ihrer optischen Axe senkrechten Linie, und beobachtet nochmals. Das Mittel aus beiden Beobachtungen mufs genau 750 Millimeter betragen; wo nicht, so mufs der Ueberschufs oder das Fehlende bei allen künftigen Beobachtungen als Correction angebracht werden.

Will man nun die Höhe des Quecksilbers im Barometer beobachten, so stellt man erst die Axe des Instruments vertical, vermittelst der Libelle *E* und der drei Fufsschrauben. Dann richtet man die Mikroskope auf die Barometerröhre und dreht die Schraube *P*, Fig. 5, so lange, bis das Quecksilber in der Röhre bis an den Horizontalfaden des oberen Mikroskopes heraufgestiegen ist; hierauf stellt man vermittelst der Mikrometerschraube *H*, Fig. 5, das untere Mikroskop auf die untere Quecksilberoberfläche ein. Während dieser Operation mufs die Schraube *o* angezogen, die Schraube *k* aber nicht angezogen seyn. Nun dreht man die Axe des Instru-

ments um 180° herum, und legt die Mikroskope eben so um, wie bei der Verification der Skale (siehe oben), und beobachtet nochmals. Das Mittel aus beiden Beobachtungen giebt dann genau die senkrechte Entfernung der Quecksilberoberfläche, zu welcher nun noch die Correction der Skale hinzu addirt werden muſs.

Um den Druck zu bestimmen, welchen die geringe Menge Luft, die gewöhnlich in der barometrischen Leere zurückbleibt, auf die Quecksilberfläche ausübt, zieht man die Schraube *k*, Fig. 5, an, löst die Schraube *o* los, nachdem man auf der Eintheilung *a* abgelesen hat, und schiebt, indem man die Schraube *n* in die Höhe zieht, die Skale um eine gewisse Anzahl von Millimetern, die ich mit *n* bezeichnen will, höher. Drückt man nun das Quecksilber wieder herauf, bis der Horizontalfaden des oberen Mikroskops die Quecksilberoberfläche tangirt, so wird dadurch der Raum über dem Quecksilber um etwas verringert, und der Druck der in demselben enthaltenen Luft um eben so viel vermehrt; diese zweite Beobachtung wird also eine etwas geringere Barometerhöhe geben als die erste. Hierauf schiebt man die Skale noch um *n* Millimeter höher, drückt das Quecksilber wieder herauf und macht eine dritte Beobachtung.

Es sey b die wahre Barometerhöhe, und b', b'', b''' die beobachteten Barometerhöhen; es sey x die Höhe der Luftsäule, die bei der ersten Beobachtung der Glasröhre über dem Quecksilber eingeschlossen ist; es sey c der Druck, den dieselbe Luftmenge ausüben würde, wenn die Höhe der Säule, die sie bildet, der Einheit gleich wäre, so hat man offenbar, wenn die einschlieſsende Barometerröhre überall von gleichem Durchmesser ist:

für die erste Beobachtung $b = b' + \frac{c}{x}$

für die zweite Beobachtung $b = b'' + \frac{c}{x-n}$

für die dritte Beobachtung $b = b''' = \frac{c}{x-2n}$.

Aus diesen drei Gleichungen ist es leicht, die unbekannten Gröfsen *b*, *c* und *x* zu bestimmen.

Hat man eine gröfsere Anzahl Beobachtungen gemacht, so combinirt man sie nach der Methode der kleinsten Quadrate, und erhält dann einen noch genaueren Werth von *b*.

Ist der Werth der Correction einmal bekannt, so braucht man diese Operation nicht mehr zu wiederholen; da der leere Raum immer dieselbe Capacität behält, so bleibt die Correction immer dieselbe. Es versteht sich von selbst, dafs der Druck der in der barometrischen Leere eingeschlossenen Luft klein genug seyn mufs, damit die Veränderungen der Temperatur keinen merklichen Einflufs auf seinen Werth ausüben.

Diese Beobachtungsmethode bietet insbesondere den Vortheil dar, dafs man das Quecksilber nicht zu kochen braucht, wodurch die in 5) bezeichneten Fehler ganz vermieden werden.

IV. *Beobachtungen in Bezug auf die Capillarität beim Barometer.*

---

1) Vom Professor und Ritter Bessel *).

Das Barometer von Pistor und Schiek, welches eine Röhre von 7 Linien inneren Durchmesser hat, ist nicht ausgekocht, sondern von Hrn. Schiek hier mit erwärmtem Quecksilber gefüllt **). Gleich anfangs war die Ober-

*) Aus den Astronomischen Nachrichten, No. 175.

**) Die Art von Barometern, von der hier die Rede ist, und welche die HH. Pistor und Schiek seit etwa fünf Jahren verfertigt haben, zuerst für die hiesige Academie, und später für die Sternwarten in Altona, Königsberg, Kopenhagen, Stockholm und Helsingfors, für die naturforschende Gesellschaft zu Dan-

Digitized by Google

fläche des Quecksilbers im langen Schenkel sehr wenig convex, weit weniger als die Oberfläche im kurzen Schenkel,* so wie es meistens oder immer bei Heberbarome-

zig u. s. w., gehört unstreitig zu dem Vollkommensten, was bisher in dieser Gattung von Instrumenten geleistet worden ist, und sicher hat man es nur dem Umstand, daſs diese Barometer niemals ausführlich beschrieben worden sind, zuzuschreiben, wenn der geehrte Verfasser des vorgehenden Aufsatzes sie nicht von seinem Urtheile über die bisherigen Instrumente ausschlieſst.

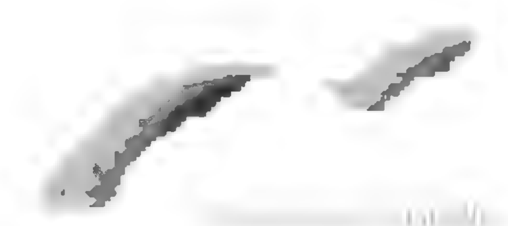
So z. B. ist für die gehörige Beweglichkeit der Quecksilbersäule durch eine sehr weite, niemals unter sechs Pariser Linien im Durchmesser haltende Röhre gesorgt. Ferner hat, zur vermehrten Sicherheit der Messung, der längere Schenkel des Hebers in der Mitte seiner Länge eine doppelte Biegung erhalten, so daſs der kürzere Schenkel senkrecht unter dem längeren steht, die obere und untere Quecksilberkuppe also in einer und derselben Verticallinie liegen. Drittens ist der Meſsapparat, bestehend aus einem starken Messinglineale, von der Länge der ganzen Quecksilbersäule, das unten ein festes und oben ein mit dem Nonius verschiebbares Mikroskop mit Fadenkreuz trägt, mit Leichtigkeit von dem Instrument zu trennen, und auf einem eigends dazu verfertigten Etalon zu prüfen. Dieser Etalon, von Messing und wie die Skale für 13° R. ajustirt, enthält auf zwei eingelassene Silberplatten zwei Striche in dem Abstande von 28 Zoll; mit diesen bringt man die Fadenkreuze der beiden Mikroskope in Coincidenz, indem man zuerst das mit dem Nonius verbundene auf 28 Zoll stellt, und dann am festen Mikroskop mit der dazu angebrachten Stellschraube nachhilft. Nonius und Skale, die beide auf Silber getheilt sind, liegen in Einer Ebene und geben Hundertel der Pariser Linie; beiden wird die feine Bewegung durch Mikrometerschrauben ertheilt. Endlich ist das Instrument so aufgestellt, daſs man die Skale genau vertical stellen und in dieser Stellung unverrückbar erhalten kann. Von einer an der Mauer durch tief eingelassene und eingegypste Schrauben wohl befestigten dicken Bohle gehen horizontal zwei starke eiserne Arme ab, von denen der untere eine konische Pfanne von Glokkengut, und der obere einen Ring trägt. In der Pfanne ruht das ganze Instrument mittelst eines eisernen konischen Zapfens, und mittelst des Ringes wird es oben durch einen, mit einem Scharniere versehenen Stift gehalten. Durch Stellschrauben kann der Stift so lange verschoben werden, bis die Prüfung mit dem Senk-

Digitized by Google

tern der Fall ist. Allein im Laufe der Zeit nahm diese Convexität immer mehr und mehr ab, und wurde endlich im letzten Sommer so klein, dafs sie oft sich in eine Ebene oder gar eine Höhlung verwandelte, welches beides die Beobachtung des Standes dieses Barometers unsicher machte. Zugleich bemerkte man, wenn man das Barometer neigte, um das Quecksilber bis an das obere Ende der Röhre steigen zu lassen, dafs sich aus dem Quecksilber etwas Luft entbunden hatte und hier eine kleine

blei zeigt, dafs die Skale vertical stehe. Die Einrichtung des Stativs erlaubt nicht nur das Instrument, unbeschadet seiner Senkrechtheit, nach allen Seiten zu drehen, sondern auch es aus der Pfanne zu heben, und bis zu einem gewissen Grade zu neigen. Von zwei Thermometern giebt eins die Temperatur der Skale, und das andere die der Quecksilbersäule.

Zwei Umstände sind es indefs, die verhindern, dafs man nicht immer die Genauigkeit in der Messung erreicht, die mit einem so vortrefflichen Instrumente möglich wäre. Der erste ist der, dafs die äufserst geringe Wölbung, ja wohl völlige Ebenheit der Quecksilberfläche im oberen Schenkel die Ablesung zuweilen ungemein schwierig macht. Dieser Umstand hat sicher seinen Grund zum Theil in der Beschaffenheit des von den Herren Pistor und Schiek angewandten Glases; denn Bohnenberger z. B. konnte sein 14,5 par. Linien im Durchmesser haltendes Normalbarometer noch auskochen, ohne dafs es concav wurde (s. diese Annalen Bd. VII S. 380); allein es scheinen noch andere Bedingungen hinzuzutreten, denn die Quecksilberfläche ist, wenigstens nach meiner Erfahrung, keinesweges von constanter Gestalt, zuweilen von eben so ausgezeichnet schöner Wölbung und Deutlichkeit des Umrisses als zu andern Zeiten flach und undeutlich, und darauf hat weder Erschüttern, noch Heben und Senken der Quecksilbersäule, noch sonst ein nachweisbarer Umstand den geringsten Einflufs. Ich glaube daher auch nicht, dafs die weiterhin von Herrn Dulong angegebene Ursach der Adhärenz des Quecksilbers diese Erscheinung erkläre. Der zweite Uebelstand bei Instrumenten mit so weiter Röhre ist in ihrer Güte begründet. Bei der grofsen Beweglichkeit der Quecksilbersäule ist nämlich die Atmosphäre häufig unruhig genug, um eine wahrnehmbare Ungenauigkeit in der Messung herbeizuführen. *P.*



Blase bildete. Die Menge der eingetretenen Luft schien mir, nach einer beiläufigen Schätzung, so grofs zu seyn, dafs sie die Barometerhöhe um ein Hundertel einer Linie vermindern konnte.

Um diese Luft ganz oder zum Theil aus dem Barometer zu schaffen, neigte ich dasselbe so weit, dafs eine gröfsere Luftblase in das untere Ende der Röhre eintrat, diese liefs ich bis zur Vereinigung mit der vorhandenen kleineren hinaufgehen, und kehrte dann das Instrument wieder um, wodurch beide vereinigten Luftblasen zugleich entfernt wurden. Als ich nun das Barometer wieder aufstellte, zeigten sich *zwei* Veränderungen: das Quecksilber im längeren Schenkel hatte eine weit stärker convexe Oberfläche als früher erhalten, so dafs dieselbe der Oberfläche im kürzeren Schenkel weit ähnlicher geworden war, und ferner stand es zwischen 0,4 und 0,5 Linien tiefer als vorher.

So wie die erste Veränderung augenfällig war, so blieb auch über die zweite kein Zweifel; die unmittelbar vor oder nach der Aenderung gemachten Vergleichungen des Barometers mit zwei anderen, in der Sternwarte befindlichen, deuteten den grofsen Einflufs derselben sogleich an, und ich konnte mich überzeugen, dafs die Aenderung nicht etwa einer zufälligen Verrückung der Collimationslinien der Mikroskope, mit welchen abgelesen wird, zuzuschreiben war. Ich hatte nämlich, ehe ich die im Barometer befindliche Luft zu entfernen suchte, die Uebereinstimmung der Collimationslinien der Mikroskope mit der Skale, durch den zum Barometer gehörigen Etalon, geprüft und völlig richtig gefunden: eben so fand ich sie, nachdem die Aenderung sich gezeigt hatte, bei wiederholter Prüfung wieder.

Das Ergebnifs des Versuchs ist daher keinem Zweifel unterworfen: die Berührung, in welche die innere Oberfläche der Röhre mit atmosphärischer Luft gekommen war, hat solche Veränderungen hervorgebracht, dafs

dadurch die Wölbung des Quecksilbers bedeutend vermehrt, und die Höhe des Quecksilbers sehr beträchtlich vermindert worden ist.

Um dieses ganz zu verstehen, muſs man sich erinnern, daſs, nach unserer bisherigen Theorie und Erfahrung, die Capillarität, für eine Röhre von 7 Linien Durchmesser, nur eine Erniedrigung von wenigen Hunderteln einer Linie erzeugt. Ein Theil hievon hätte sich wirklich zeigen sollen, weil die Wölbung und damit die Wirkung der Capillarität gröſser geworden war als vorher. Dagegen hätte das Wegschaffen der kleinen Luftblase im Barometer eine Erhöhung bewirken sollen, welche möglicherweise noch hätte gröſser werden können, wenn bei dem Durchgange der gröſseren Luftblase durch das Quecksilber etwas Luft in diesem zurückgeblieben und sein specifisches Gewicht dadurch kleiner geworden wäre. Alles dieſs zusammengenommen, würde ich erwartet haben, daſs der Stand des Barometers *keine* merkliche Aenderung erlitten hätte.

Dagegen aber zeigte sich eine sehr beträchtliche Aenderung, welche auch in der Folge geblieben ist, wie sie anfangs war. Diese Aenderung ist so groſs, daſs sie den ganzen Betrag der Capillarität, so wie diese nach der bisherigen Ansicht ist, um das 8 bis 10fache übersteigt.

---

2. Von Herrn Dulong *).

Dom Casbois, Professor der Physik zu Metz, gab vor Zeiten ein Mittel an zur Verfertigung von Barometern mit ebener und selbst hohler Oberfläche, oder was für die Theorie dasselbe ist, von Apparaten in Gestalt eines Hebers mit einem capillären und einem weiten Schenkel, in welchen das Quecksilber in beiden Schen-

*) Aus der *Nouvelle Théorie de l'action capillaire, par Mr.* Poisson *p.* 291.

keln gleich hoch, oder gar im capillären Schenkel höher als im andern stände. Er glaubte die Ursache dieser Erscheinung in dem vollständigeren Ausschlufs der Feuchtigkeit setzen zu müssen, weil er sie hervorrufen konnte, wenn er das Quecksilber lange Zeit in der Röhre sieden liefs. Diese Erklärung verdient aber keine Beachtung.

Es scheint, dafs es Laplace und Lavoisier ebenfalls gelang, Barometer mit ebener Oberfläche zu verfertigen, und sie theilten, hinsichtlich der Entstehung dieser sonderbaren Erscheinung, die Meinung des eben erwähnten Physikers, indem sie dieselbe der vollkommneren Austrocknung des Quecksilbers und der Röhre zuschrieben.

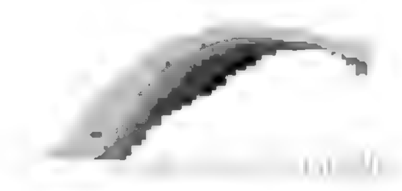
Wenn man sich selbst Barometer unter den üblichen Handgriffen zur Vertreibung der Luft und Feuchtigkeit verfertigt, so läfst sich kaum einsehen, dafs in denselben noch etwas Wasser zurückgeblieben seyn sollte, welches durch ein längeres Sieden ausgetrieben werden könnte. Diese Erklärung hat mich nie befriedigt, und sie ist auch nicht leicht mit der Theorie der Capillarphänomene zu vereinbaren. Bei Verfertigung von Quecksilber-Thermometern bin ich zur Einsicht in die wahre Ursache der von Herrn Casbois beschriebenen Erscheinung geführt.

Ich hatte bemerkt, dafs wenn ich, um die letzten Gasblasen zu entfernen, das Quecksilber zu wiederholten Malen auskochte, die Röhre inwendig blind wurde, bis zu dem Grade, dafs ich nicht mehr die Oberfläche des Quecksilbers sehen konnte. Mittelst einer Lupe erblickte ich kleine unregelmäfsige Massen Quecksilber an der Innenfläche der Röhre sitzend, und an einigen Stellen einen Absatz von krystallinischem und röthlichem Aussehen. Da das Quecksilber vor der Einführung in das Instrument sorgfältig ausgekocht war, so konnte man die Veränderung, welches es erlitten hatte, nicht anders als durch die Annahme erklären, es sey während des Siedens eine gewisse Menge von Oxyd gebildet worden. Ueberdiefs ist es gewifs, dafs wenn man Quecksilber mit

seinem Oxyd zusammenreibt, dieses eine kleine Menge von letzterem löſst, und dadurch das Ansehen eines Amalgams erhält. In diesem Zustande adhärirt es stark am Glase, haftet daran, ohne es indeſs zu benetzen, und aus diesem Grunde kann es denn nicht mehr als thermometrische oder barometrische Flüssigkeit benutzt werden. Man führt es auf seine ursprünglichen Eigenschaften zurück, wenn man es mit concentrirter Schwefelsäure oder mit einer Lösung von Schwefelwasserstoff schüttelt, wodurch das Oxyd fortgenommen oder zerstört wird. Selbst das destillirte Quecksilber ist nicht immer frei von Oxyd, und wenn man es also zur Füllung von Thermometern und Barometern anwenden will, ist es gut dasselbe vorher durch eins der angezeigten Mittel zu reinigen. Es scheint, daſs Quecksilber, welches einige Zeit an der Luft im Sieden erhalten wird, bald Oxyd genug aufnimmt, um dadurch in seinen Eigenschaften beträchtlich modificirt zu werden; und zum Beweise, daſs die oben nachgewiesenen Modificationen wirklich das Resultat der Oxydation sind, braucht nur gesagt zu werden, daſs wenn man ein von Oxyd vollständig befreites Quecksilber nimmt, und den Apparat so einrichtet, wie ich es seit langer Zeit thue, daſs die Oberfläche des Quecksilbers mit einer Atmosphäre von Wasserstoffgas in Berührung steht, alsdann das Sieden beliebig lang fortgesetzt werden kann, ohne daſs man die mindeste Veränderung in den physischen Eigenschaften und dem Verhalten dieser Flüssigkeit bei Berührung mit dem Glase wahrnehmen kann.

Diese Bemerkung ist eben so anwendbar auf die Verfertigung von Thermometern, als die von Barometern. Wiederholt man mit dieser Vorsicht den Versuch von Casbois, so nimmt die obere Fläche des Quecksilbers dieselbe Krümmung wie in den gemeinen Barometern an, wie lang auch das Sieden fortgesetzt werden mag.

In Barometern von groſsem Durchmesser ist die von Herrn Casbois beobachtete Anomalie schwieriger her-



vorzubringen, weil, wegen der gröſseren Masse des Quecksilbers, eine gleiche absolute Menge Oxyd eine weniger merkliche Wirkung thut *). In diesem Falle braucht man sogar nicht einmal das Quecksilber in einem sauerstofffreien Gase zu kochen. Haben aber die Röhren nicht mehr als 5 bis 6 Millimeter und darunter im Durchmesser, so ist es nützlich, zu diesem Hülfsmittel zu greifen; denn sonst hat die Correction wegen der Capillarität eine ganz beträchtliche Unsicherheit.

Das von Casbois gefundene Resultat rührt also einfach davon her, daſs das Quecksilber, welches eine geringe Menge seines eignen Oxyds aufgelöst enthält, eine Flüssigkeit ist, welche von dem reinen Quecksilber in seiner Natur und seinen physischen Eigenschaften abweicht, weder zu dem Glase, noch unter seinen eigenen Theilchen eine so starke Anziehung wie dieses darbietet.

---

3. Vom verewigten Bohnenberger.

Bei Verfertigung seines Normalbarometers, eines Instruments von sehr sorgfältiger Ausführung, bei dem die Röhre 14,5 par. Linien, und das Gefäſs 5 Zoll innern Durchmesser besaſs, und die Messung durch einen, unten in einer feinen Spitze auslaufenden mikroskopischen Apparat geschah, hatte der verstorbene Bohnenberger unter andern auch den Zweck, die Capillardepression für Röhren von verschiedenem Caliber auf dem Wege der Beobachtung genau zu bestimmen. Da diese Beobachtungen nicht scheinen allgemein bekannt geworden zu

*) Hier in Berlin hat Herr Schiek gerade umgekehrt die Erfahrung gemacht, daſs das Quecksilber in weiten Röhren durch das Kochen concav wird. Aus diesem und dem in der vorhergehenden Note angeführten Grunde glaube ich auch, daſs der Quecksilberoxydgehalt nicht die alleinige Ursache dieser Erscheinung sey. *P.*

Digitized by Google

seyn, so mögen auch sie hier noch eine Stelle finden, und zwar meist mit den Worten des Verewigten *).

Aus der Einrichtung des Normalbarometers ergiebt sich, dafs man mittelst desselben die Depression des Quecksilbers in Barometerröhren von verschiedenen Durchmessern sehr genau finden könne. Man wird nämlich in der 14,5 Linien weiten Röhre die Depression als verschwindend betrachten können, und es fand sich wirklich die Oberfläche der Säule, bis auf einen Abstand von zwei Linien von den Seitenwänden der Röhre, eben. Auch die grofse Beweglichkeit dieses Theiles der Oberfläche, und die kleinen Wellen, die sich auf ihr bei der geringsten Erschütterung bildeten, schienen dieses anzudeuten. Die dieser zunächst stehende Röhre hatte 5,8 Linien im Durchmesser, und hier war schon die ganze Oberfläche gekrümmt, auch zeigten sich bei Erschütterung keine Wellen mehr, sondern die Oberfläche änderte ihre Figur stetig, wie man es in engern Röhren beobachtet. Ungeachtet auf das Auskochen der Röhre alle Sorgfalt verwandt wurde, erhielt ich doch niemals eine ganz ebene, oder gar hohle Fläche, welche schon mehrere genaue Beobachter erhalten haben. Da das bei diesem Barometer gebrauchte Quecksilber aus sogenanntem rothen Präcipitat erhalten war, so kam ich auf den Gedanken, dafs dieses Quecksilber vielleicht nicht rein genug sey, und liefs einen Versuch machen mit Quecksilber, das aus Zinnober reducirt war. Mit diesem Quecksilber wurde eine Barometerröhre von 3,14 Linien im Durchmesser gefüllt, sorgfältig ausgekocht, und so ein Barometer construirt, welches mit dem Normalbarometer verglichen wurde. Allein die Kuppe hatte ihre gewöhnliche con-

*) Aus dem dritten Heft der »*Naturwissenschaftlichen Abhandlungen, herausgegeben von einer Gesellschaft in Würtemberg.* (Tübingen 1827.) Eine vorläufige Notiz von diesem Riesenbarometer wurde bereits im Bd. VII (83) S. 378 dieser Annalen mitgetheilt. *P.*

vexe Figur, und die Depression war nahe dieselbe, wie in einer nahe eben so weiten in das Gestell des Normalbarometers eingesetzten Röhre.

Ich machte nun den umgekehrten Versuch mit Quecksilber, mit dem ein anderes Metall verbunden war. Metalle, die sich leicht oxydiren, verrathen sich bald, selbst in geringer Menge, durch die schwarze Haut, welche in kurzer Zeit die Oberfläche des Quecksilbers überzieht und die papiernen Trichter beschmutzt, durch die man das Quecksilber von gröberen Unreinigkeiten befreit. Ich setzte also *Silber* zu, welches mit etwas Quecksilber zu einem Amalgam verbunden war, so dafs das Silber nur den 6000sten Theil des Quecksilbers ausmachte, mit welchem dieses Silberamalgam verbunden wurde.

Eine 2,97 Linien weite Röhre von demselben Glase, wie die übrigen, wurde mit diesem Quecksilber gefüllt, und es zeigte sich nach dem Auskochen nicht allein die Kuppe viel flächer, als in der ersten, 3,14 Linien weiten, mit reinem Quecksilber gefüllten Röhre, sondern die Depression war auch merklich geringer. Ich fand die Depression des mit Silber versetzten Quecksilbers $=0,19$ Linien, die Höhe der Kuppe $=0''',28$; die Depression des aus Zinnober erhaltenen Quecksilbers aber $=0''',35$, und die Höhe der Kuppe $=0''',43$. Es ist mir daher nicht unwahrscheinlich, dafs in einer 6 Linien weiten Röhre die Oberfläche des Quecksilbers würde eben geworden seyn, doch hierüber können nur weitere Versuche entscheiden. Solches mit Silber versetzte Quecksilber der Luft ausgesetzt, behält eine reine Oberfläche, wie das aus Zinnober erhaltene.

Ich lasse nun die, mit dem Normalbarometer und mit einigen in das Gefäfs desselben eingesetzten engern Barometerröhren angestellten Beobachtungen folgen:

Durchmesser.	14,5 p. L.	5,81 p. L.	3,02 p. L.	2,15 p. L.
Stand	27″ 2‴,770	2‴,740	2‴,450	2‴,205
	2 ,770	2 ,730	2 ,440	2 ,200
	2 ,775	2 ,740	2 ,435	2 ,195
	2 ,780	2 ,740	2 ,440	2 ,190
	2 ,770	2 ,735	2 ,445	2 ,200
	27″ 2‴,773	2‴,737	2‴,442	2‴,198

Die Ablesungen geschahen am 3. Juli 1826, Morgens zwischen 8^h und 8^h 15′, zu einer Zeit, wo das Barometer ruhig war, und das Thermometer zwischen 17,4 und 17°,5 R. schwankte. Betrachtet man die Depression in dem 14,5 Linien weiten Rohre als verschwindend, so würden in den andern Röhren die Depressionen:

Durchmesser.	5,81 p. L.	3,02 p. L.	2,15 p. L.
Depression	0‴,036	0‴,331	0‴,575
	32	335	577
	35	336	569
	33	332	597
	35	334	582
	36	333	568
Mittel	0‴,0034	0‴,333	0‴,578

Die beobachteten Höhen der Kuppen, unter denen die in der weitesten Röhre sich am schwierigsten messen liefsen, waren

Durchmesser.	14,5 p. L.	5,8 p. L.	3,02 p. L.	2,15 p. L.
Kuppenhöhe	0‴,575	0‴,520	0‴,395	0‴,282
	0 ,565	0 ,519	0 ,410	0 ,280
	0 ,592	0 ,521	0 ,405	0 ,290
	0 ,590	0 ,522	0 ,415	0 ,285
	0 ,573	0 ,518	0 ,407	0 ,288
	0 ,584	0 ,523	0 ,396	0 ,283
Mittel	0‴,580	0‴,520	0‴,405	0‴,285

Digitized by Google

Bouvard hat eine neue Tafel der Capillardepression des Quecksilbers im Barometer nach dem Vorschlag von **Laplace** berechnet *), welche darin besteht, die erzeugende Curve der krummen Fläche des Quecksilbers aus vielen kleinen Kreisbögen zusammenzusetzen, deren Halbmesser die nach der Theorie berechneten Krümmungshalbmesser dieser Curve sind. Diese Tafel würde nichts zu wünschen übrig lassen, wenn die zum Grunde gelegten constanten Gröfsen richtig wären. *Diese sind aber durch Versuche in der Luft, und nicht in dem Vacuo des Barometers bestimmt*, wo die Capillardepression offenbar von der in freier Luft verschieden ist.

Ich will hier die vorhin angeführten beobachteten Depressionen mit denjenigen vergleichen, welche sich aus der erwähnten Tafel ergeben, wenn man die Millimeter in Linien verwandelt, und die Interpolationsformen p. 305 a. a. O. gebraucht. Der gröfste Durchmesser der Röhre in dieser Tafel ist = 21 Millimeter = 9,3 Linien, welchem eine Depression von 0,028 Millimeter oder 0,0124 Linien entspricht, woraus sich wiederum schliefsen läfst, dafs die Depression in einer 14,5 Linien weiten Röhre nicht merklich seyn werde. Für die übrigen Röhren ergaben sich folgende Resultate:

Durchmesser.	Depressionen berechn.	Depressionen beobacht.	Unterschied **)
5''',81	0''',124	0''',034	0''',090
3 ,02	0 ,408	0 ,333	0 ,074
2 ,15	0 ,609	0 ,578	0 ,141

*) *Connaissance des tems pour l'an* 1829. *p.* 308.

) Auch die neuere Tafel, welche **Poisson in seiner *Nouvelle Théorie de l'action capillaire p.* 289 mittheilt, zeigt noch beträchtliche Abweichungen von diesen Beobachtungen, wohl natürlich, da ihr dieselben Constanten zum Grunde gelegt sind, welche von **Laplace** benutzt wurden. So z. B. giebt sie für einen Röhrendurchmesser von 7 Millimeter = 3,1 p. Linien die Depression = 0,88 Millimeter = 0,39 Linien, während sie

Man sieht, dafs alle berechneten Depressionen merklich gröfser sind als die beobachteten, wie sich schon daraus erwarten liefs, *dafs die der Rechnung zum Grunde gelegten constanten Gröfsen sich auf die in freier Luft beobachteten Depressionen beziehen*, die immer gröfser sind als die im Vacuo des Barometers. *Wenn nun die Capillardepression im Vacuo des Barometers nicht so schwankend wäre*, wie mehrere Beobachter gefunden haben wollen, und man die Umstände angeben könnte, unter welchen die Oberfläche des Quecksilbers eben, oder gar hohl wird, so würde allerdings eine nach der oben angeführten Methode berechnete Tafel, wobei die constanten Gröfsen aus den mit Barometern angestellten Beobachtungen abgeleitet würden, für die Ausübung hinreichend genaue Resultate geben. Am sichersten wird es aber immer seyn, jedes Barometer, welches zu genauen Beobachtungen dienen soll, mit einem guten Normalbarometer zu vergleichen.

V. *Ueber das Verdunsten von Flüssigkeiten aus Haarröhrchen.*

Bei weiterer Verfolgung der Versuche, die ich über einige Capillaritäts-Erscheinungen in diesen Annalen Bd. X S. 153 bekannt gemacht habe, schien mir die Frage nicht ohne Interesse zu seyn: ob Flüssigkeiten aus capillaren

nach Bohnenberger's Berechnung noch nicht 0''',333 betragen würde. Eben so scheint mir, so weit ich ohne angestellte Interpolation darüber urtheilen kann, die Tafel von Schleiermacher und Eckardt (Gehler's phys. Wörterbuch. Neue Aufl. Bd. I. S. 909), welche die Depression in Function des Röhrendurchmessers und der Kuppenhöhe angiebt, bedeutende Differenzen mit den von Bohnenberger gemessenen Gröfsen darzubieten.

P.

Digitized by Google

Oeffnungen mit eben der Leichtigkeit verdunsten würden, als aus weiten. Um diefs zu ermitteln, wurden unter die Glocke der Luftpumpe mehre Röhren von sehr verschiedener Weite gebracht, die sämmtlich an ihrem einen Ende zugeschmolzen, und bis auf einen kleinen Abstand vom oberen offenen Ende ganz mit destillirtem Wasser gefüllt waren. Sie alle wurden senkrecht gestellt, und zwar mit ihren offenen Enden in gleicher Höhe über einem unter der Glocke befindlichen Gefäfs mit Schwefelsäure. Der Stand des Wassers war auf jeder Röhre bemerkt; nach 10 Stunden wurde die Glocke geöffnet, und der tiefere Stand der Flüssigkeit von Neuem bezeichnet, und diefs einige Male wiederholt. Von mehren, auf diese Art angestellten Versuchen, die alle ein ähnliches Resultat lieferten, will ich hier nur folgenden anführen, bei welchem von jedem Durchmesser zwei Röhren von gleicher Länge angewendet, und an verschiedenen Orten unter der Glocke aufgestellt wurden.

Innerer Durchmesser der Röhren, ausgedrückt in Millimetern.	Wasserstand unter dem oberen Rande der Röhre, zu Anfang des Versuches.	Der Wasserstand nahm ab in den		
		ersten 10 Stunden	zweiten 10 Stunden	folgenden 14 Stunden.
0,17	4mm,0	12mm,7	4mm,3 *)	16mm,0
	4 ,1	12 ,0	4 ,4	15 ,5
0,42	4 ,0	12 ,1	4 ,9	15 ,0
	4 ,0	11 ,8	4 ,7	16 ,0
1,0	7 ,0	9 ,5	4 ,5	15 ,0
	3 ,5	11 ,5	4 ,5	16 ,5
3,0	4 ,0	10 ,0	4 ,5	13 ,5
	4 ,0	10 ,0	4 ,5	13 ,5
4,5	10 ,0	6 ,0	5 ,0	11 ,0
	11 ,0	6 ,2	4 ,8	11 ,0
13,0	15 ,0	4 ,0	3 ,5	9 ,0

*) Dafs die Abnahme in dem zweiten Zeitraume durchgängig so viel geringer, als in den beiden andern ausfiel, hatte darin seinen Grund, dafs die absorbirende Schwefelsäure nicht gehörig um-

Digitized by Google

Diese Versuche zeigen, dafs unter übrigens gleichen Umständen die Wasserstände in Röhren von verschiedener Weite nicht gleich um viel abnehmen, sondern wider Erwarten in den engen Röhren mehr als in den weiten. Es geht daraus hervor, dafs die Verdunstung nicht in geradem Verhältnifs zum Querschnitt der Röhren steht, sondern in engeren Röhren schneller als in weiten vor sich geht.

Der Grund dieser auffallenden Erscheinung scheint darin zu liegen, dafs in engeren Röhren die Flüssigkeit sich, vermöge der capillaren Attraction des Glases, an diesem sehr stark in die Höhe zieht, und dadurch eine relativ viel gröfsere Oberfläche zur Verdunstung darbietet, als in weiten Röhren.

Bei obigen Versuchen hatten die Röhren in ihrer ganzen Länge gleichen Durchmesser. Es versteht sich übrigens von selbst, wovon ich mich auch direct überzeugt habe, dafs die Verdunstung aus weiten Röhren noch mehr verlangsamt wird, wenn man ihre Mündung, die nicht von der Flüssigkeit benetzt wird, verengert.

Vermuthlich steht das schnelle Verdunsten aus capillaren Röhren mit einigen technischen Erfahrungen in Verbindung, z. B. mit der bedeutenden Abkühlung der Flüssigkeiten in den sogenannten Alcarazas.

Gustav Magnus.

VI. *Untersuchungen über das Radical der Benzoësäure; von Wöhler und Liebig.*

(Schlufs.)

Benzamid.

Leitet man über reines Chlorbenzoyl getrocknetes Ammoniak, so wird dieses unter sehr starker Erhitzung ab-

gerührt worden war, indem sie alsdann mit einer Schicht verdünnter Schwefelsäure bedeckt bleibt, die das Wasser in geringerem Maafse aufnimmt.

sorbirt, und die Flüssigkeit verwandelt sich in eine weifse, feste Masse, die aus einem Gemenge von Salmiak und einem neuen Körper besteht, den wir Benzamid nennen, da er in seinem Verhalten und Zusammensetzung ein vollkommnes Analogon vom Oxamid ist.

Die vollkommene Sättigung des Chlorbenzoyls mit Ammoniakgas, mit so grofser Heftigkeit die Einwirkung auch anfangs stattfindet, läfst sich doch nur schwierig und langsam erreichen, da die entstehende feste Masse die noch ungesättigte Flüssigkeit vor der ferneren Berührung mit dem Ammoniak bald zu schützen anfängt. Man ist daher genöthigt, die Masse mehrere Male aus dem Gefäfse herauszunehmen, zu zerdrücken und von Neuem der Wirkung des Ammoniakgases auszusetzen.

Bei der Vereinigung beider Körper geht, wie man aus der Bildung von Salmiak sogleich schliefsen kann, eine Zersetzung des Ammoniaks vor sich; denn in dem Chlorbenzoyl ist, wie wir angeführt haben, das Chlor als solches und nicht als Chlorwasserstoffsäure enthalten.

Es wäre zwar denkbar, dafs die Umsetzung der Elemente vom Chlorbenzoyl und Ammoniak erst dann vor sich ginge, wenn die gebildete weifse Masse, zur Entfernung des Salmiaks, mit Wasser übergossen wird. Allein das Verhalten des Cyanbenzoyls beweist genügend, dafs diese Zersetzung in dem Augenblick geschieht, wo das Ammoniakgas mit dem Chlorbenzoyl in Berührung kommt. Das Cyanbenzoyl erleidet nämlich im Ammoniakgas eine ganze analoge Veränderung, wie die Chlorverbindung; es bildet sich Benzamid und Cyanammonium, welches letztere aber, in Folge seiner Flüchtigkeit, mit dem überschüssigen Ammoniakgas von selbst entweicht und sich zum Theil in glänzenden Krystallen sublimirt.

Zur Isolirung des Benzamids wird zuerst aus der weifsen Masse der gebildete Salmiak mit kaltem Wasser ausgewaschen, und das zurückbleibende Benzamid alsdann

Digitized by Google

in kochendem Wasser aufgelöst. Beim Erkalten dieser Auflösung setzt es sich in Krystallen ab.

Hat man versäumt, das Ammoniakgas vollkommen durch gebrannten Kalk oder Kalihydrat auszutrocknen, so erzeugt sich auf Kosten dieses Wassers, bei der Einwirkung des feuchten Gases auf das Chlorbenzoyl, eine entsprechende Menge benzoësaures Ammoniak, und man verliert in demselben Verhältnifs an Ausbeute des neuen Körpers.

Auch wenn man das Chlorbenzoyl nicht vollständig mit Ammoniakgas gesättigt hatte, so wird, wie sich aus dem Verhalten des Benzamids zu Säuren erklärt, das gebildete Benzamid bei der Behandlung der Masse mit heifsem Wasser wieder vollständig oder zum Theil zersetzt, je nach der Menge des freigebliebenen Chlorbenzoyls.

Unter gewissen Umständen endlich, die wir nicht näher ausgemittelt haben, wahrscheinlich aber vorzüglich dann, wenn das angewendete Chlorbenzoyl nicht vollständig von aufgelöstem Chlorgas befreit war, bemerkt man bei der Sättigung mit Ammoniakgas die Bildung eines ölartigen Körpers von aromatischem, bittermandelölartigem Geruch, wodurch das entstandene Benzamid die Eigenschaft erhält, beim Erwärmen mit Wasser, bevor es sich auflöst, zu einem Oel zu schmelzen und sich aus der Auflösung wieder in Gestalt von Oeltropfen abzusetzen, die erst nach einiger Zeit erstarren.

Das reine Benzamid zeigt bei seiner Krystallisation eine merkwürdige Erscheinung. Aus der kochend heifs gemachten Auflösung setzt es sich bei raschem Erkalten in perlmutterglänzenden, dem chlorsauren Kali sehr ähnlichen Krystallblättchen ab. Langsam erkaltend und bei einer gewissen Concentration erstarrt die ganze Flüssigkeit zu einer weifsen Masse, die aus sehr feinen, seideartigen, dem Caffein ähnlichen, Krystallnadeln besteht.

Digitized by Google

Nach einem oder mehreren Tagen, oft schon nach einigen Stunden, sieht man in dieser Masse einzelne grofse Höhlungen entstehen, in deren Mittelpunkt sich ein einzelner grofser, oder einige grofse, wohl ausgebildete Krystalle befinden, in welche sich die seidenglänzende Modification verwandelt hat, und nach und nach breitet sich diese Umwandlung der Form durch die ganze Masse aus.

Die Krystallform des Benzamids ist eine gerade rhombische Säule, an welcher die scharfen Seitenkanten durch eine Fläche abgestumpft sind, welcher ein deutlicher Blätterdurchgang parallel geht, auf welche Fläche Zuschärfungen des Endes gerade aufgesetzt sind. Durch vorherrschende Fläche jenes Blätterdurchgangs erscheinen die Krystalle gewöhnlich als rechtwinklige, vierseitige Tafeln mit zugeschärftem Rande. Die Krystalle haben einen starken Perlmutterglanz, sind durchsichtig und zeigen gegen Wasser etwas Fettiges, so dafs sie leicht auf der Oberfläche schwimmen bleiben.

Schon bei +115° schmilzt es zu einem wasserklaren Liquidum, welches beim Erkalten zu einer grofsblättrig krystallinischen Masse erstarrt, worin man häufig Höhlungen mit wohl ausgebildeten Krystallen findet. Bei stärkerem Erhitzen geräth es in's Kochen und destillirt unverändert über. Sein Dampf riecht bittermandelölartig. Es ist leicht entzündlich und verbrennt mit rufsender Flamme.

In kaltem Wasser ist das krystallisirte Benzamid so wenig löfslich, dafs die Auflösung kaum Geschmack besitzt. In Alkohol dagegen ist es sehr leicht löslich. Auch von kochendem Aether wird es aufgelöst, und kann daraus besonders regelmäfsig krystallisirt erhalten werden.

Bei gewöhnlicher Temperatur mit kaustischem Kali übergossen, entwickelt das Benzamid durchaus kein Ammoniak. Eben so wenig giebt seine Auflösung, bei gewöhnlicher Temperatur mit einem Eisenoxydsalz vermischt, einen Niederschlag, wie überhaupt dieselbe mit keinem

Metallsalz eine Reaction giebt. Kocht man aber das Benzamid mit einer concentrirten Auflösung von kaustischem Kali, so entwickelt sich Ammoniak in Menge, und es entsteht benzoësaures Kali. Erhitzt man die mit einem Eisensalz vermischte Auflösung des Benzamids bis zum Sieden, so trübt sie sich, und es schlägt sich basisches benzoësaures Eisenoxyd nieder.

Löst man das Benzamid in einer starken Säure im Kochen auf, so verschwindet es, und aus der erkaltenden Auflösung scheidet sich statt dessen Benzoësäure in Krystallen ab, während sich zugleich ein Ammoniaksalz gebildet hat. Bei Anwendung von concentrirter heifser Schwefelsäure sublimirt sich die gebildete Benzoësäure. Durch Kochen mit reinem Wasser dagegen, wenn es auch noch so lange fortgesetzt wird, geht diese Umwandlung in Benzoësäure und Ammoniak nicht vor sich.

Die Analyse des Benzamids liefs sich durch Verbrennung mit Kupferoxyd ohne Schwierigkeit bewerkstelligen.

Das relative Verhältnifs des Stickstoffs zum Kohlenstoff wurde durch Verbrennung der Substanz im luftleeren Raum ausgemittelt. Die Verbrennungsröhre war an dem einen Ende mit einer 30 Zoll langen Gasleitungsröhre, welche in Quecksilber tauchte, versehen, und an dem anderen Ende war sie zu einer an Masse etwas starken Spitze ausgezogen, welche vermittelst einer Kautschuckröhre mit der kleinen Luftpumpe in Verbindung gesetzt werden konnte.

Die Luft wurde alsdann ausgepumpt, und sobald das Quecksilber in der Gasleitungsröhre bis auf etwa 27 Zoll gestiegen war, wurde die Spitze an dem andern Ende der Verbrennungsröhre vermittelst der Löthrohrflamme abgeschmolzen, und nun die Verbrennung vorgenommen.

Aus diesem Versuche ergab es sich, dafs bei der Verbrennung des Benzamids Stickgas und Kohlensäuregas in dem Verhältnifs wie 1:14 entwickelt werden.

Digitized by Google

Es lieferten ferner

		Kohlensäure.	Wasser.
I.	0,400 Grm. Benzamid	= 1,012	0,208
II.	0,489 - -	= 1,285	0,253.

Hiernach berechnet, erhält man für die Zusammensetzung des Benzamids in 100 Theilen:

	I.	II.
Kohlenstoff	69,954	69,816
Wasserstoff	5,780	5,790
Stickstoff	11,563	11,562
Sauerstoff	12,603	12,832.

Berechnet man diese Zahlen auf Volumtheile, so ergiebt sich als theoretisches Resultat:

14	Atome Kohlenstoff	107,0118	69,73
14	- Wasserstoff	8,7360	5,69
2	- Stickstoff	17,7036	11,53
2	- Sauerstoff	20,0000	18,05
		153,4514	100,00.

Aus dieser Zusammensetzung ergiebt sich mit Gewifsheit nicht blofs die Art der Bildung des Benzamids, sondern auch sein Verhalten zu Kali und zu Säuren, nämlich seine Umwandlung in Benzoësäure und Ammoniak.

Wenn man zur Zusammensetzung des Chlorbenzoyls 4 Atome Ammoniak zurechnet, so erhält man die Formel:

$$14\,C + 10\,H + 2\,O + 2\,Cl = \text{Chlorbenzoyl}$$
$$12\,H \qquad + 4\,N = \text{Ammoniak}$$
$$\overline{14\,C + 22\,H + 2\,O + 2\,Cl + 4\,N.}$$

Zieht man hiervon 2 Atome Salmiak ab,

$$14\,C + 22\,H + 2\,O + 2\,Cl + 4\,N$$
$$8\,H \qquad + 2\,Cl + 2\,N, \text{ so erhält man}$$
$$\overline{14\,C + 14\,H + 2\,O \qquad + 2\,N,}$$

nämlich genau die Zusammensetzung des Benzamids, und

addirt man zu den Bestandtheilen dieses letzteren 1 Atom Wasser, so bekommt man die Formel

$$14C + 16H + 3O + 2N,$$

welche genau die Zusammensetzung des neutralen, wasserfreien benzoësauren Ammoniaks ausdrückt. Dieses Salz besteht nämlich aus

1 Atom	Benzoësäure	$= 14C + 10H + 3O$
1 -	Ammoniak	$= \quad 6H \quad + 2N$
		$14C + 16H + 3O + 2N.$

Das Benzamid zeigt noch einige Zersetzungs-Erscheinungen, die wohl ein ausführlicheres Studium verdienen möchten, als wir darauf verwendet haben. Erhitzt man es mit einer überwiegenden Menge von wasserfreiem kaustischen Baryt, so geräth derselbe in eine Art von Schmelzung, indem er sich in Hydrat zu verwandeln scheint; es entwickelt sich Ammoniak, und zugleich destillirt, als bemerkenswerthestes Product, ein farbloser ölartiger Körper über. Er ist leichter als Wasser, in welchem er sich nicht auflöst. Er besitzt einen aromatischen, süſslichen Geruch, nicht unähnlich dem des flüssigen Chlorkohlenstoffs ($C^2\ Cl^5$), und zeichnet sich besonders durch seinen fast zuckersüſsen Geschmack aus. Dieses Oel verbrennt mit heller Flamme und wird weder durch kaustische Alkalien, noch durch concentrirte Säuren verändert; selbst Kalium läſst sich darin bei gelinder Wärme ohne Veränderung schmelzen.

Dieselbe Substanz entwickelt sich in beträchtlicher Menge und ohne Begleitung von Ammoniak, wenn man Benzamid mit Kalium zusammenschmilzt, wobei sich dieses, ohne besondere Heftigkeit, fast ganz in Cyankalium zu verwandeln scheint.

Leitet man den Dampf von Benzamid durch eine glühende enge Glasröhre, so wird es nur einem geringen Theil nach zersetzt, und ohne daſs sich eine Spur von Kohle absetzt. Der gröſste Theil geht unzersetzt über,

gemengt mit einer gewissen Menge des so eben erwähnten süfs schmeckenden Oels. Diefs ist also offenbar eine eigenthümliche Substanz, die durch ihr Verhalten eine ganz einfache Zusammensetzung anzudeuten scheint und gewifs alle Aufmerksamkeit verdient.

Chlorbenzoyl und Alkohol.

Das Chlorbenzoyl läfst sich in allen Verhältnissen mit Alkohol vermischen. Beobachtet man das Gemische, so bemerkt man, dafs es sich nach wenigen Minuten zu erwärmen anfängt, und diese Erwärmung vermehrt sich in dem Grade, dafs die Flüssigkeit nach kurzer Zeit von selbst in's Kochen geräth, unter Ausstofsung von starken Dämpfen von Chlorwasserstoffsäure. Giefst man nach beendigter Reaction Wasser hinzu, so scheidet sich ein farbloser, im Wasser untersinkender, ölartiger Körper aus, der einen aromatischen, obstartigen Geruch besitzt. Durch Waschen mit Wasser und Behandlung mit geschmolzenem Chlorcalcium wurde er von Wasser, Alkohol und Säure, womit er verunreinigt seyn konnte, befreit.

Ueber die Natur dieses neuen Products konnten wir nicht lange in Zweifel bleiben, es mufste Benzoëäther seyn; denn wenn die Zersetzung des Chlorbenzoyls mit Alkohol analog seiner Zersetzung mit Wasser war, worauf die Bildung der Chlorwasserstoffsäure hinwies, so mufste sich durch Zersetzung von Wasser aus dem Alkohol auf der einen Seite wasserfreie Benzoësäure, und auf der andern Aether bilden, die sich im Entstehungs-Momente zu Benzoëäther vereinigten. Seiner unerwarteten Entstehung wegen suchten wir uns indessen noch durch eine Analyse vollkommene Gewifsheit hierüber zu verschaffen, zumal da uns diese Analyse eine strenge Controle für die Zusammensetzung der Benzoësäure, so wie wir sie gefunden hatten, abgeben konnte.

Zur Analyse wendeten wir die Flüssigkeit nicht

Digitized by Google

eher an, als bis ihr, nach sorgfältigem Waschen mit Wasser, durch wiederholte Digestion mit erneuerten Stücken Chlorcalciums alles Wasser entzogen, und sie darauf mehrmals in einem trocknen Apparat rectificirt worden war. Dieselbe über Chlorcalcium zu destilliren, führt nicht zum Zweck, weil alsdann, wegen ihres hohen Siedepunkts, Wasser mit übergeht.

0,622 Grm. lieferten 1,632 Kohlensäure und 0,375 Wasser.

Diefs giebt für 100 Theile:

Kohlenstoff	72,529
Wasserstoff	6,690
Sauerstoff	20,781.

Nach Volumen ist folglich die Zusammensetzung:

18	Atome	Kohlenstoff	137,5866	72,37
20	-	Wasserstoff	12,4796	6,56
4	-	Sauerstoff	40,0000	21,07
			190,0662	100,00.

Diese Verhältnisse entsprechen aber genau einer Verbindung von

	C	H	O
1 Atom wasserfreier Benzoësäure	14	10	3
mit 1 Atom Aether	4	10	1
	18	20	4.

Um uns endlich von der vollkommenen Identität in den Eigenschaften des auf diesem Wege entstandenen Benzoëäthers mit dem auf gewöhnliche Weise bereiteten zu überzeugen, stellten wir uns zum Ueberfluſs auch diesen dar, nämlich durch Destillation von Benzoësäure mit einem Gemenge von Alkohol und Salzsäure. Bei Vergleichung der Eigenschaften beider, auf so verschiedenem Wege gebildeten Körper, zeigte sich nicht der geringste Unterschied. Geruch, Geschmack, spec. Gew. und Ver-

Digitized by Google

halten zu Säuren und Alkalien waren bei beiden durchaus gleich.

Die Analyse des Benzoëäthers von Dumas weicht von der unsrigen in dem Wasserstoffgehalte sehr bedeutend ab. Sie kann als ein Beweis dienen, wie schwer es ist, sich von dem Einflusse vorgefafster Meinungen bei Untersuchungen ähnlicher Art frei zu machen.

Benzoin.

Der Körper, welchen wir, wegen seiner mehrfachen Beziehung zu den in dem Kreise dieser Arbeit abgehandelten Stoffen, mit diesem Namen bezeichnen wollen, ist zwar schon früher, namentlich von Stange, beobachtet, aber kaum mehr als seinen äufseren Eigenschaften nach untersucht worden. Es ist derselbe, welcher in chemischen Werken unter dem Namen Bittermandelölkampher oder -Kamphorid aufgeführt ist.

Das Benzoin entsteht unter gewissen Umständen aus dem Bittermandelöl. Wir erhielten es zum Beispiel zufällig, wie schon Andere vor uns, bei der Rectification des Oels mit kaustischem Kali, wobei es auf dem Kali schwimmend zurückblieb. Wir erhielten es ferner in grofser Menge, als wir Bittermandelöl mit einer concentrirten Auflösung von kaustischem Kali mehrere Wochen lang stehen liefsen. Dieselbe Umwandlung des Oels, in Berührung mit Alkali, haben Robiquet und Charlard auch bei vollkommen abgehaltenem Luftzutritt beobachtet. Wir haben diese Beobachtung bestätigt gefunden. Das Oel war bei unserem Versuche, wiewohl erst nach mehreren Wochen, fast vollständig in festes Benzoin umgewandelt. Endlich haben wir dasselbe noch auf die Weise dargestellt, dafs wir Bittermandelöl bis zur Sättigung in Wasser auflösten, und diese Auflösung mit etwas kaustischem Kali vermischten. Nach mehreren Tagen fing das Benzoin an sich in Flocken feiner Krystallnadeln abzusetzen.

Digitized by Google

In allen diesen Fällen wird das Benzoin anfänglich mehr oder weniger gelb gefärbt erhalten. Durch Auflösen in heifsem Alkohol, Behandeln mit Blutkohle und mehrmaliges Umkrystallisiren erhält man es vollkommen rein und farblos.

Das Benzoin bildet klare, stark glänzende, prismatische Krystalle. Es besitzt weder Geschmack noch Geruch. Es schmilzt bei + 120° zu einem farblosen Liquidum, welches wieder zu einer grofsstrahlig krystallinischen Masse erstarrt. Bei stärkerer Hitze geräth es in's Kochen und destillirt unverändert über. Es ist leicht entzündlich und verbrennt mit heller rufsender Flamme.

In kaltem Wasser ist es unlöslich; in kochendem löst es sich in geringer Menge auf, und scheidet sich beim Erkalten wieder in feinen Krystallnadeln ab. Von heifsem Alkohol wird es in gröfserer Menge aufgenommen, als von kaltem.

Es wird weder von heifser concentrirter Salpetersäure, noch von einer kochenden Auflösung von Kalihydrat zersetzt. Mit concentrirter Schwefelsäure dagegen giebt es im ersten Augenblick eine veilchenblaue Auflösung, die sich bald bräunt und beim Erwärmen eine tief grüne Farbe annimmt, aber unter Entwicklung von schwefliger Säure und baldiger Schwärzung der Masse.

Durch seine Eigenschaften bietet also dieser Körper, wie man sieht, an sich wenig Interesse dar; um so merkwürdiger aber ist er durch seine Beziehung zum Benzoylwasserstoff, mit dem er in der That, wie die Analyse auswies, vollkommen gleiche Zusammensetzung hat, von dem er also eine isomerische Modification ausmacht, wie auch seine räthselhafte Entstehung aus dem Oel durch die unerklärliche Einwirkung des Kalis, ohne Zutritt der Luft, anzudeuten schien.

1,00 Grm. Benzoin lieferte bei der Verbrennung 2,860 Grm. Kohlensäure und 0,512 Wasser. Diefs giebt für seine Zusammensetzung in 100 Theilen:

Digitized by Google

Kohlenstoff	79,079
Wasserstoff	5,688
Sauerstoff	15,233,

also dieselben Atomverhältnisse derselben Elemente, wie im Benzoylwasserstoff.

Es ist denkbar, dafs die sehr verschiedenen Eigenschaften des Benzoins und des Benzoylwasserstoffs auf der Art der Verbindung des Wasserstoffs beruhen, welcher vielleicht im ersteren 1 Atom Sauerstoff als Wasser enthalten seyn könnte. Aber die Vorstellungsweise, als beruhe diese Verschiedenheit beim Benzoin auf einer solchen geänderten Verbindungsart des Wasserstoffs, dafs er nun nicht mehr, wie beim Oel, durch andere Körper, wie Chlor u. s. w., vertreten werden könnte, scheint durch das Verhalten des Benzoins zu Brom widerlegt zu werden.

Uebergiefst man nämlich dasselbe mit Brom, so erhitzt es sich damit bis zum Kochen, und es entwickelt sich eine Menge Bromwasserstoffsäure. Nachdem man diese und das überschüssige Brom durch weiteres Erwärmen ausgetrieben hat, findet man das Benzoin in eine braune, zähe, wie Brombenzoyl riechende Flüssigkeit verwandelt, die aber nicht, wie dieses, fest wird. Mit kochendem Wasser scheint sie sich gar nicht, oder nur unmerklich langsam zu zersetzen. Mit kaustischem Kali zersetzt sie sich zwar im Kochen, aber ebenfalls schwierig. Aus der mit Salzsäure vermischten alkalischen Auflösung setzen sich beim Erkalten feine, nadelförmige Krystalle ab, die keine Benzoësäure zu seyn scheinen, aber eben so wenig unverändertes Benzoin seyn können, da sie sich mit Leichtigkeit in Alkali auflösen. — Wenn man das so eben angedeutete Brombenzoin als eine isomerische Modification der entsprechenden Benzoyl-Verbindung betrachten kann, so wäre es denkbar, dafs sich bei der obigen Zersetzung mit Alkali eine neue Säure

Digitized by Google

gebildet hätte, die eine isomerische Modification der Benzoësäure wäre.

Wir haben vergebens versucht, das Benzoin wieder rückwärts in Bittermandelöl zu verwandeln. Mit Kalihydrat geschmolzen, verwandelt es sich indessen, wie das Oel, in Benzoësäure, unter Entwicklung von Wasserstoffgas. In seinem Verhalten zu einer Auflösung von Kali in Alkohol weicht es aber wiederum von dem Oel ab. Mit der alkalischen Flüssigkeit übergossen, wird es sogleich mit Purpurfarbe aufgelöst, und gleich darauf erstarrt das Ganze zu einer aus feinen Krystallblättchen bestehenden Masse. Mit Wasser übergossen, bildet sich eine milchige Flüssigkeit, aus der sich, nach dem Erhitzen, beim Erkalten dicke Flocken feiner Krystallnadeln abscheiden, die unverändertes Benzoin sind.

Allgemeine Betrachtungen.

Indem wir die in der vorstehenden Abhandlung beschriebenen Verhältnisse noch einmal überblicken und zusammenfassen, finden wir, dafs sie sich alle um eine einzige Verbindung gruppiren, welche fast in allen ihren Vereinigungs-Verhältnissen mit andern Körpern ihre Natur und ihre Zusammensetzung nicht ändert. Diese Beständigkeit, diese Consequenz in den Erscheinungen, bewog uns, jene Verbindung als einen zusammengesetzten Grundstoff anzunehmen, und dafür eine besondere Benennung, den Namen Benzoyl, vorzuschlagen.

Die Zusammensetzung dieses Radicals haben wir durch die Formel $14C + 10H + 2O$ ausgedrückt.

In Verbindung mit 1 Atom Sauerstoff bildet das Benzoyl die wasserfreie Benzoësäure, und in Verbindung mit 1 Atom Sauerstoff und 1 Atom Wasser die krystallisirte.

Mit 2 Atomen Wasserstoff bildet es das blausäurefreie, reine Bittermandelöl. Indem sich dieses an der Luft in krystallisirte Benzoësäure verwandelt, nimmt es 2 Atome

Sauerstoff auf, wovon das eine mit dem Radical Benzoësäure, das andere mit den 2 Atomen Wasserstoff das Wasser der krystallisirten Säure erzeugt.

Die Stelle des Wasserstoffs in dem Oel, oder des Sauerstoffs in der Benzoësäure, kann ferner durch Chlor, Brom, Jod, Schwefel und Cyan vertreten werden, und die daraus hervorgehenden Körper, vergleichbar mit den entsprechenden Phosphorverbindungen, bilden alle, durch Zersetzung mit Wasser, auf der einen Seite eine Wasserstoffsäure, und auf der anderen Benzoësäure.

Das Vertreten der 2 Atome Wasserstoff in dem reinen Bittermandelöl durch die Salzbilder scheint uns in allen Fällen ein scharfer Beweis für die Annahme zu seyn, dafs dieser Wasserstoff mit den andern Elementen in einer besondern Art von Verbindung ist; diese besondere Art der Verbindung läfst sich durch den Begriff von Radical, der aus der unorganischen Chemie entlehnt ist, mehr andeuten als scharf bezeichnen.

Mit dem Radical zwar in ursprünglichem Zusammenhang stehend, sind doch Benzamid und Benzoin gleichsam aus seiner Sphäre ganz herausgetreten, und müssen als selbstständige Körper eigner Art betrachtet werden, die zum Benzoyl in keiner näheren Beziehung stehen, als der Harnstoff zum Cyan.

Wenn wir auch diesen, aus drei Elementen zusammengesetzten Grundstoff nicht mit dem Cyan vergleichen können, eben weil die gröfsere Anzahl von Elementen zu weit verwickelteren Zersetzungen Veranlassung geben mufs, auch beide in der That keine durchgreifende Aehnlichkeit mit einander zu haben scheinen, so halten wir es doch für nicht unwahrscheinlich, dafs es noch mehr als eine Gruppe von organischen Körpern, namentlich unter den flüchtigen Oelen, geben könne, welchen dasselbe Radical als zusammengesetztes Element zu Grunde liegt. Genaue Analysen mehrerer flüchtigen Oele, bei denen man Bildung von Benzoësäure durch blofse Oxy-

Digitized by Google

dation an der Luft, oder durch Einwirkung von Salpetersäure beobachtet hat, so besonders die Analysen von Fenchelöl, Anisöl, Zimmtöl, werden zeigen, in wie fern eine solche Vermuthung gegründet sey.

Wenn von dem Verhalten des Cyan- und Chlorbenzoyls ein Rückschlufs auf die eigenthümliche Natur der Verbindung gestattet ist, welche beim Hinzutritt von Wasser zu den bitteren Mandeln zur Entstehung von Blausäure und Benzoylwasserstoff (rohem Bittermandelöl) Veranlassung giebt, so scheint es uns möglich zu seyn, ohne hier aber dem Experiment vorgreifen zu wollen, dafs in den Mandeln eine Verbindung von Cyan mit einem Körper enthalten ist, welcher von dem Benzoylwasserstoff lediglich in dem Gehalt an Sauerstoff verschieden ist, in der Art, dafs durch Hinzutritt der Bestandtheile des Wassers auf der einen Seite Benzoylwasserstoff, und auf der andern Blausäure gebildet wird; es scheint uns ferner wahrscheinlich, wenn das Amygdalin ein Zersetzungsproduct dieser Verbindung mit Weingeist ist, dafs hierbei ein ähnlicher Umtausch nach Art der Zersetzung des Chlorbenzoyls mit Weingeist vor sich geht, nur mit dem Unterschiede, dafs das Cyan oder seine Bestandtheile in die neue Verbindung mit eingehen.

Das Benzoin besitzt hinsichtlich seiner Bildung und seiner physischen Eigenschaften grofse Aehnlichkeit mit den festen krystallinischen Substanzen, die sich in andern flüchtigen Oelen bilden, oder mit der Zeit daraus abscheiden; genaue Analysen werden darüber Aufschlufs geben, ob diese sogenannten Kampferarten (Stearoptene) mit den flüssigen Oelen, aus denen sie hervorgegangen sind, in ihrer Zusammensetzung ebenfalls identisch sind, und ob nur in der Art, wie ihre Bestandtheile mit einander verbunden sind, die Ursache ihres verschiedenen Zustandes und ihrer übrigen abweichenden Eigenschaften zu suchen sey.

Schreiben von Berzelius an Wöhler und Liebig über Benzoyl und Benzoësäure.

Stockholm, den 2. September 1832.

Für die höchst interessanten Mittheilungen Ihrer gemeinschaftlichen wichtigen Untersuchungen über das Bittermandelöl, statte ich Ihnen meinen verbindlichstenDank ab.

Ihrem Wunsche gemäfs, habe ich meine älteren Versuche über die Zusammensetzung der Benzoësäure einer Revision unterworfen, und finde dadurch das Resultat Ihrer Analyse auf's schönste bestätigt.

Ich habe, wie Sie verlangten, eine Analyse des benzoësauren Silberoxyds angestellt, und ich erhielt durch behutsames Verbrennen von 100 Th. des Silbersalzes, das vorher bei + 100° getrocknet war, 46,83 metallisches Silber, welches mit dem von Ihnen berechneten theoretischen Resultat (46,86) so genau übereinstimmt, als man nur erwarten kann.

Sie haben bemerkt, dafs meine Analyse des benzoësauren Bleioxyds, so wie sie sich in meiner älteren Abhandlung vorfindet, damit auch vollkommen übereinstimmt. Eine neue Analyse, die ich mit Schwefelsäure und Alkohol gemacht habe, gab das nämliche Resultat, und bestätigt somit das in meiner ersten Analyse gefundene Eine Atom Krystallwasser.

Ich theile Ihnen hier das Resultat einer schon 1813 gemachten Analyse der sublimirten Benzoësäure mit, welche ich nach meiner damaligen Methode, mit chlorsaurem Kali und Chlorkalium gemengt, in einer Röhre verbrannte.

0,335 Grm. Säure gaben auf diese Weise 0,138 Grm. Wasser und 0,855 Kohlensäure.

Diefs giebt auf 100 Theile berechnet:

Kohlenstoff	68,85
Wasserstoff	4,99
Sauerstoff	26,66.

Diese

Diese Zahlen stimmen genau mit der Zusammensetzung der wasserhaltigen Säure $C^{14}H^{12}O^{4}$ überein.

Da ich aber vergebens versuchte, durch Sättigung der krystallisirten Benzoësäure mit einer gewogenen Quantität Bleioxyd Wasser aus der Benzoësäure abzuscheiden, einen Gehalt an Krystallwasser also darin nicht nachweisen konnte, da das Resultat dieser Analyse ferner 4 Atome Sauerstoff ergab, obgleich ich vorher durch die Analyse des basischen Bleisalzes gefunden hatte, dafs die Säure darin dreimal so viel Oxyd sättigt, als im neutralen benzoësauren Bleioxyd, so wurde ich dadurch veranlafst, indem diese Resultate sich mit einander nicht vereinigen liefsen, diese Analyse der krystallisirten Säure zu verwerfen.

Ich verbrannte sodann gewogene Mengen von neutralem benzoësauren Bleioxyd, nachdem ich vorher versucht hatte, dieses Salz durch Schmelzen vom Krystallwasser zu befreien.

Jede analysirte Quantität des Salzes wurde für sich dargestellt. Ich habe diefs als Grundsatz befolgt, weil man durch einen Fehler in einer einzigen Bereitung leicht einen constanten Fehler in allen Analysen bekommen kann; ich habe deshalb jede zu analysirende Portion für sich geschmolzen, und bekam immer variirende Resultate bei der Analyse. Die Ursache dieser Abweichungen habe ich geglaubt einer Verflüchtigung unzersetzter Benzoësäure zuschreiben zu müssen. Wenn ich jetzt die Resultate dieser Analysen unter einander vergleiche, so ist es einleuchtend, dafs in dem geschmolzenen Salze verschiedene Wasserrückstände enthalten waren.

Um der Verflüchtigung der Säure zuvorzukommen, wandte ich deshalb das basische Bleioxydsalz an; es ist diefs die Analyse, die ich beschrieben habe. Wird das Resultat derselben nach berichtigten Atomgewichten berechnet, und mit dem von Ihrer Analyse verglichen, so fällt es folgendermafsen aus:

	Resultat der alten	Resultat der richtigen Analyse
Kohlenstoff	75,405	74,703
Wasserstoff	4,951	4,356
Sauerstoff	19,644	20,941.

Die alte Analyse weicht daher von der theoretischen Zusammensetzung um 0,7 im Kohlenstoff, und 0,595 im Wasserstoff ab, welcher Ueberschuſs den Sauerstoff um eben so viel verringert.

Die Resultate, welche Sie aus der Untersuchung des Bittermandelöls gezogen haben, sind gewiſs die wichtigsten, die man in der vegetabilischen Chemie bis jetzt gewonnen hat, und versprechen über diesen Theil der Wissenschaft ein unerwartetes Licht zu verbreiten.

Der Umstand, daſs ein Körper, der aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt ist, sich mit andern Körpern, besonders aber mit Salz- und Basenbildern, nach Art der einfachen Körper, verbindet, entscheidet, daſs es ternär zusammengesetzte Atome (der ersten Ordnung) giebt, und das Radical der Benzoësäure ist das erste mit Gewiſsheit dargelegte Beispiel eines ternären Körpers, welcher die Eigenschaften eines einfachen besitzt. Es ist zwar wahr, daſs wir vorher das Schwefelcyan für einen solchen gehalten haben, allein Sie wissen, daſs seine Verbindungen auch als Schwefelsalze betrachtet werden konnten, und dieser Körper selbst schien ein Sulfuretum von Cyan zu seyn.

Die von Ihnen dargelegten Thatsachen geben zu solchen Betrachtungen Anlaſs, daſs man sie wohl als den Anfang eines neuen Tages in der vegetabilischen Chemie ansehen kann. Von dieser Seite aus würde ich vorschlagen, das zuerst entdeckte, aus mehr als zwei Körpern zusammengesetzte Radical chemischer Verbindungen P r o i n (von dem Worte *πρωτ*, Anfang des Tages, in dem Sinne *ἀπὸ πρωτ ἕως ἑσπέρος* Act. 28 v. 22), oder O r t h r i n (von *ὄρθρος*, Morgendämmerung) zu nennen, von welchen

nachher die Namen Proinsäure, Orthrinsäure, Chlorproin, Chlororthrin u. s. w. mit großer Leichtigkeit hergeleitet werden könnten. In Betrachtung aber, daſs der lange angenommene Name Benzoësäure dadurch auch verändert werden würde, und daſs wir immer gewohnt sind, allgemein gebrauchte Benennungen, in sofern sie keinen Doppelsinn in sich begreifen, zu respectiren, indem wir aus diesen die neuen Namen herleiten, z. B. Boron von Boraxsäure, Kalium von Kali u. s. f.; so scheint es mir, daſs es in jeder Hinsicht am passendsten ist, das von Ihnen vorgeschlagene Wort Benzoyl *) vorzugsweise anzunehmen und Benzoësäure in Benzoylsäure zu verändern, wie wir nunmehr Borsäure statt Boraxsäure sagen.

Von dem Augenblick an, wo man mit einiger Gewiſsheit ternäre Atome der ersten Ordnung kennt, welche nach Art der einfachen Körper Verbindungen eingehen, so wird es eine groſse Erleichterung beim Ausdruck in der Formelsprache, jedes Radical mit einem eignen Zeichen zu bezeichnen, wodurch der Begriff der Zusammensetzung, den man ausdrücken will, dem Leser gleich mit Klarheit in die Augen fällt. Ich will dieſs mit einigen Beispielen erläutern. Wir setzten z. B. Benzoyl $C^{14}H^{10}O^{2} = Bz$, so haben wir

$\dot{B}z$ = Benzoylsäure.
$Bz\,H$ = Bittermandelöl.
$Bz\,Cl$ = Chlorbenzoyl.
$\acute{B}z$ oder $Bz\,S$ = Schwefelbenzoyl **).

*) Wir hatten anfangs den Namen Benzoin gewählt, wie auch eigentlich in Berzelius Brief steht, und haben erst später dafür Benzoyl gesetzt, um das Wort Benzoin für den isomerischen Benzoylwasserstoff gebrauchen zu können; bei der Endung auf yl wird man um so weniger an Strych*nin*, Sali*cin* u. s. w. erinnert. *W.* und *L.*

**) Es wird von groſsem Interesse seyn, zu erfahren, wie dieses sich zu Schwefelbasen verhält.

$\mathrm{Bz}+2\mathrm{NH}^3=$ Benzoyl-Ammoniak.

Setzen wir nun Amid $=\mathrm{NH}^2$, so haben wir

$\mathrm{Bz}+\mathrm{NH}^2=$ Benzamid oder richtiger Benzoylamid.

$\ddot{\mathrm{C}}+\mathrm{NH}^2=$ Oxamid.

$\mathrm{K}+\mathrm{NH}^2=$ Kaliumamid (Lehrbuch I. 794).

$\mathrm{N}+\mathrm{NH}^2=$ Natriumamid.

Setzen wir weiterhin *Oleum vini*, das ich Aetherin zu nennen vorschlage,

$\mathrm{C}^4\mathrm{H}^8=\mathrm{Ae}$, so haben wir

$\mathrm{Ae}+2\dot{\mathrm{H}}$ Alkohol.

$\mathrm{Ae}+\dot{\mathrm{H}}$ Aether.

$\mathrm{Ae}+\mathrm{HCl}$ Salzäther.

$\mathrm{Ae}+\overset{\cdots}{\mathrm{N}}\dot{\mathrm{H}}$ Salpeteräther.

$\mathrm{Ae}+\dot{\mathrm{B}}\mathrm{z}\dot{\mathrm{H}}$ Benzoyläther.

$\mathrm{Ae}\overset{\cdots}{\mathrm{S}}+\dot{\mathrm{H}}\overset{\cdots}{\mathrm{S}}$ Weinschwefelsäure nach Hennel und Serullas.

$\mathrm{Ae}+2\dot{\mathrm{H}}\overset{\cdots}{\mathrm{S}}$ Weinschwefelsäure nach Wöhler und Liebig.

$2\mathrm{Ae}\overset{\cdots}{\mathrm{S}}+\dot{\mathrm{H}}$ Schwefelsäurehaltiges Weinöl.

$\mathrm{Ae}+\bar{\mathrm{A}}\dot{\mathrm{H}}$ Essigäther.

$2\mathrm{Ae}+\bar{\mathrm{A}}\dot{\mathrm{H}}$ Brenzessiggeist.

$\mathrm{Ae}+2\mathrm{PtCl}$ Zeise's Aethersalz.

$?\mathrm{Ae}+2\dot{\mathrm{P}}\mathrm{t}$ Aetherhaltiges Platinoxydul.

$?\mathrm{Ae}+2\mathrm{Pt}$ Aetherplatin.

Nehmen wir versuchsweise an, es gebe ein Oxyd des Aetherins $=\dot{\mathrm{A}}\mathrm{e}$, so haben wir

*) $\dot{\mathrm{A}}\mathrm{e}+\dot{\mathrm{H}}$ Holzspiritus,

$2\dot{\mathrm{A}}\mathrm{e}+\dot{\mathrm{H}}$ Acetal oder Döbereiner's neuen Sauerstoffäther.

Aus diesen beiden letzteren Formeln ersieht man,

*) Nach den Resultaten der Analysen beider Körper, welche ich Berzelius brieflich mitgetheilt habe, und die in einem der nächsten Hefte dieser Annalen erscheinen werden. *J. L.*

Digitized by Google

dafs das Acetal zum Holzgeist sich genau wie Brenzessiggeist zum Essigäther verhält.

Ich glaube aber darauf insistiren zu müssen, dafs solche Formeln nur dann einzuführen sind, wenn die Ideen, welche sie ausdrücken sollen, einigermafsen zu bestätigten Wahrheiten erhoben sind, sonst würden sie nur zu babylonischer Verwirrung führen.

VII. *Untersuchung eines weifsen granatartigen Minerals aus Norwegen; vom Grafen Trolle-Wachtmeister.*

(Auszug aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handling. f.* 1831 *p.* 155.)

In seiner früheren Abhandlung über die Granate (diese Ann. Bd. II (78) S. 1) hatte der Verfasser bereits darauf aufmerksam gemacht, dafs der unbedeutende Eisengehalt des Grossulars vom Wilui zu der Vermuthung berechtige, das Eisen sey kein so wesentlicher Bestandtheil der Granate, als man bisher allgemein angenommen habe, sondern könne vielmehr durch Austauschung gegen andere Basen darin oft gänzlich fehlen. In dieser Ansicht ist er durch die Analyse des folgenden Minerals bestärkt worden.

Beschreibung desselben. Kommt in Tellemarken in Norwegen vor, zusammen und gemengt mit Cyprin (kupferhaltigem Idocras), Thulit, Flufsspath und Quarz, theils derb, theils in kleinen Granat-Dodecaëdern, die gewöhnlich blofs an einer Seite ausgebildet sind. *Farbe*, rein weifs. *Glanz*, etwas Fettglanz, auf den Krystallflächen ziemlich stark, sonst unbedeutend. *Durchsichtigkeit*, schwach. *Bruch* eben, mit Uebergang zum Splittrigen. Mit einer Messerspitze schwer zu ritzen, besonders auf den Krystallflächen.

Vor dem Löthrohr schmilzt die Probe unter geringem Aufschwellen oder schwachem Blasenwerfen zur durchscheinenden, farblosen Perle *), mit *Borax* und *Phosphorsalz* zum farblosen Glase. Kieselerdeflocken bleiben dabei ungelöst im Phosphorglase, welches beim Erkalten opalisirt. Mit *Soda* auf Kohle: ein farbloses, durch Bläschen etwas trübes Glas. Auf *Platinblech*: starke Mangan-Reaction. Mit *Kobaltlösung* eine fast schwarze, kaum merklich in's Blaue fallende Farbe.

Specifisches Gewicht = 3,515.

Die Analyse geschah nach der gewöhnlich bei talkhaltigen Mineralien angewandten Methode, wiewohl hier keine Talkerde zugegen war. Vielleicht hätte Alkali aufgesucht werden müssen, da möglicherweise der Verlust von ihm herrührte; indeſs konnte dieser auch durch die geringe Menge des analysirten Fossils herbeigeführt worden seyn, da beim Krystallisiren von Einmengungen freie Stücke angewandt werden durften. Die Analyse gab:

Kieselerde	39,60	Sauerstoffgehalt:	19,91
Thonerde	21,20	-	9,90
Kalk	32,30	-	9,07
Manganoxydul	3,15	-	0,69
Eisenoxyd	2,00		
Verlust	1,75		
	100,00		

*) Da nach Herrn v. Kobell's Bemerkung der Granat ruhig, der Idocras aber unter Aufschwellen vor dem Löthrohre schmilzt, und auch der Glanz des obigen Minerals etwas von dem der übrigen Granate abweicht, so war der Herr Verfasser anfangs zweifelhaft, ob er es wirklich mit einem Granate zu thun hätte; als er indeſs später eine gröſsere Menge dieses Minerals durch Herrn Prof. Gustav Rose erhielt, und seine Analyse wiederholte, überzeugte er sich von der Grundlosigkeit seines Zweifels. Sowohl die erste durch Prof. Wöhler erhaltene Portion als auch die letztere, war vom Prof. Gustav Rose an Ort und Stelle in Tellemarken gesammelt worden. *P.*

Aus demselben Grunde, wie früher beim Granate vom Wilui, und mit noch gröfserem Rechte, nimmt der Verfasser an, dafs die kleine Menge Eisen hier als Oxyd zugegen sey; denn wie unbedeutend diese Einmengung auch ist, würde sie doch als Oxydul nicht ohne Einflufs auf die Farbe des Minerals gewesen seyn. Aus dem Resultate dieser Analyse entsteht ganz offenbar die Granatformel, welche, mit Ausschlufs der geringen Menge Eisenoxyd, am richtigsten durch

$$\left.\begin{matrix}\dot{C}a^3\\ \dot{M}n^3\end{matrix}\right\}\dddot{Si}+\dddot{Al}\,\dddot{Si}$$

ausgedrückt wird.

VIII. *Mineralogische Notizen; von Nordenskiöld.*

(Aus Berzelius Jahresbericht No. 12, S. 178 u. 195, d. Orig.)

Pyrargyllit. Nordenskiöld hat zwei neue Mineralien aus Finnland entdeckt und zerlegt. Das eine hat er Pyrargyllit genannt, wegen der Eigenschaft, beim Erhitzen einen Thongeruch zu geben. Es ist theils schwarz, leicht und glänzend, wie der Sordawalith, theils bläulich, körnig oder roth und glanzlos. Es findet sich sehr selten rein in unkrystallisirten Massen, welche sich zuweilen einem vierseitigen Prisma mit abgestumpften Kanten nähern. Oft ist es durchzogen von feinen Chloritschuppen, so dafs es geschliffen, wie man's nennt, katzenaugenartig wird. Specifisches Gewicht = 2,505. Härte 3,0 bis 3,5. Wird vollständig von Salzsäure aufgeschlossen. Kommt im Granit in der Gegend von Helsingborg vor. Er fand denselben bestehend aus: Kieselerde 43,93, Thonerde 28 93, Eisenoxydul 5,30, Kalkerde mit etwas Manganoxydul 2,90, Kali 1,05, Natron 1,85 und Wasser 15,47,

nebst einem Verluste 0,58. Nordenskiöld berechnet hienach die mineralogische Formel.

$$\left.\begin{matrix} f \\ M \\ mg \\ N \\ K \end{matrix}\right\} S^3 + 4AS + 4Aq.$$

Amphodelit. Das andere Mineral hat er Amphodelit genannt. Es stammt aus dem Kalkbruch von Lojo her. Seine Krystallform hat viele Analogie mit dem Feldspath. Es ist hell röthlich und im Bruch dem Skapolith ähnlich, mit zwei Blätterdurchgängen, welche unter dem Winkel 94° 19′ gegen einander neigen. Seine Härte ist 4,5, und sein specifisches Gewicht = 2,763. Er fand es bestehend aus Kieselerde 45,80, Thonerde 35,45, Kalkerde 10,15, Talkerde 5,05, Eisenoxydul 1,70, Feuchtigkeit und Verlust 1,85. Nordenskiöld meint diese Zusammensetzung durch die mineralogische Formel auszudrücken.

$$\left.\begin{matrix} C \\ f \\ mg \end{matrix}\right\} S + 3AS$$

Tantalit. Nordenskiöld hat den Tantalit von Tamela, einem neuen Fundorte dieses Minerals, analysirt. Diefs Mineral besteht aus Tantalsäure 83,44, Eisenoxydul 13,75, Manganoxydul 1,12, Spur von Zinnoxyd, ohne Wolframsäure, Verlust 1,69. Es ist folglich $\dot{Fe}\,\dddot{Ta}$, mit einer Spur von $\dot{Mn}\,\dddot{Ta}$. Specifisches Gewicht = 7,264. Krystallform prismatisch, die Grundform mit den Winkeln 98° 59′, 105° 1′, 125° 47′. Der Kimito-Tantalit besitzt, nach Nordenskiöld's späteren Versuchen, dieselbe Form.

Digitized by Google

IX. *Ueber die chemische Zusammensetzung einiger sächsischen Minerale;*
von C. M. Kersten.

(Aus dem Jahrbuche für den sächsischen Berg- und Hüttenmann auf das Jahr 1832.)

1) Braunbleierz von den Gruben Sonnenwirbel und St. Niclas bei Freyberg.

Im Jahre 1830 kam auf dem Erwünscht Hoffnunger stehenden Gange in der tiefen Stollensohle ein Mineral vor, welches in seinen äufseren Eigenschaften zwar dem sogenannten traubigen Braunbleierze ähnelte, aber doch auch wesentliche Verschiedenheiten, namentlich ein viel geringeres specifisches Gewicht als jenes, zeigte. Herr Prof. Breithaupt unterwarf es einer mineralogischen Untersuchung und nannte es *Polysphärit* *). Das Mineral fand sich in einzelnen aufgewachsenen Kugeln und Tropfen, in deren Innern man eine vielfach concentrische Streifung erkennt. Es besitzt Fettglanz, hat eine braune Farbe, welche vom Nelkenbraunen sich bis in das Isabellgelbe verläuft, mittleren Grad des Glanzes und sternförmig aus einander laufenden strahligen Bruch, der, zarter werdend, in's dichte Muschliche übergeht. Die Härte des Minerals ist = 4 oder der des Kalkspaths gleich, und sein specifisches Gewicht, nach Herrn Prof. Breithaupt, = 6,092; 100 Theile dieses Minerals fand ich zusammengesetzt aus

72,17	Bleioxyd
6,47	Kalkerde
2,00	Salzsäure
19,36	Phosphorsäure, Flufssäure u. Verlust
100,00;	

oder dasselbe besteht nach der von mir für die Braunbleierze aufgestellten chemischen Formel

*) Schweigg. Journ. Bd. LX S. 311.

$$\left.\begin{matrix} Pb\,Cl^2 \\ Ca\,F^2 \end{matrix}\right\} + 3 \left.\begin{matrix} \dot{P}b^3 \\ \dot{C}a^3 \end{matrix}\right\} \dddot{\bar{P}}$$

aus:

Chlorblei	=10,838 mit	8,073 Blei
Fluorcalcium	= 1,094 mit	0,567 Calcium
bas. phosphorsaur. Blei	=77,015 mit	58,918 Blei
bas. phosphorsaur. Kalk	=11,053 mit	6,025 Kalk
	100,000.	

Bei Gelegenheit dieser Untersuchung fand ich auch, dafs das früher an mehreren sächs. Orten, namentlich auf der Grube St. Niclas vorgekommene ganz ähnliche Braunbleierz *), aufser Phosphorsäure, Salzsäure und Bleioxyd, noch Flufssäure und Kalkerde enthält. Das Nähere über beide Mineralien ist in meiner Abhandlung über die chemische Zusammensetzung der Braunbleierze zu ersehen **).

*) Freiesleben, geognostische Arbeit. B. VI S. 147.

**) Schweigg. Journ. Bd LXII S. 1. — In dieser interessanten Untersuchung hat Herr Prof. Kersten, aufser dem im Text genannten, noch folgende Braunbleierze analysirt: *A*) traubiges von Mies in Böhmen, *B*) krystallisirtes ebendaher, *C*) krystallisirtes von Bleistadt, *D*) krystallisirtes aus England, *E*) krystallisirtes aus Poullaouen, *F*) derbes ebendaher. Die Resultate dieser Untersuchung waren:

	Spec. Gew.	Chlorblei.	Fluorcalcium.	⅔ phosphorsaur. Kalk.	⅔ phosphorsaur. Bleioxyd.	Eisenoxyd.
A	6,444	10,642	0,248	7,457	81,651	Spur
B	6,983	9,664	0,219	0,848	89,268	
C	7,009	9,918	0,137	0,771	89,174	
D		10,074	0,130	0,682	89,110	
E	7,048	10,090			89,910	Spur
F	7,050	10,069			89,931	Spur

Aus ihnen zieht der geehrte Hr. Verfasser folgende Schlüsse:

1) Die Braunbleierze bestehen theils aus 1 Atom Chlorblei mit Fluorcalcium und 3 Atomen zwei Drittel phosphorsaurem Bleioxyd, und zwei Drittel phosphorsaurem Kalk, theils blofs aus 1 At. Chlorblei und 3 At. zwei Drittel phosphorsaurem Blei. Die allgemeine Formel für sie ist also:

Digitized by Google

2) Uranpecherz von Johanngeorgenstadt und Schneeberg, und dessen Gehalt an Selen.

Ich habe mehrere Abänderungen Uranpecherzes in der Absicht analysirt, um genau zu ermitteln, ob die in diesem Minerale enthaltene Kieselerde als wesentlicher Bestandtheil desselben zu betrachten sey, ob sie stets in constanten, den Gesetzen der chemischen Proportionen entsprechenden Verhältnissen darin vorkomme, und demgemäſs das Uranpecherz als kieselsaures Uranoxydul anzusehen sey, wie dieſs von mehreren Mineralogen und Che-

$$\left.\begin{matrix} Pb\,Cl^2 \\ Ca\,F^2 \end{matrix}\right\} + 3 \left.\begin{matrix} \dot{Pb}^3 \\ \dot{Ca}^3 \end{matrix}\right\} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$$

analog mit der von Wöhler (Ann. Bd. IV S. 171) für die *Grünbleierze* aufgestellten:

$$Pb\,Cl^2 + 3\,\dot{Pb}^3 \left\} \begin{matrix} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} \\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As} \end{matrix}\right.$$

und der von G. Rose (Ann. Bd. IX S. 210) für die *Apatite* gefundenen:

$$Ca\begin{matrix} Cl \\ F \end{matrix} + 3\dot{Ca}^3 \left\} \begin{matrix} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} \\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{A} \end{matrix}\right.$$

2) In den meisten Braunbleierzen wird ein Theil Bleioxyd durch Kalk, und ein Theil Chlor durch Fluor ersetzt. Die mit Fluor enthalten immer Kalk und so umgekehrt.

3) Die Braunbleierze sind mit den Grünbleierzen und Apatiten isomorph, und stehen durch Mischung und specifisches Gewicht zwischen beiden in der Mitte.

4) Alle Braunbleierze sind frei von Arseniksäure.

Herr Prof. Kersten untersuchte auch bei dieser Gelegenheit den Hedyphan (ein vom Prof. Breithaupt so benanntes derbes Mineral von Longbanshyttan in Schweden (siehe Schweigg. Journ. Bd. LX S. 310), dessen spec. Gew. 5,404 bis 5,496 beträgt, und fand darin: 10,289 Chlorblei, 60,1 basisch arseniksaures Bleioxyd und 12,980 basisch arseniksauren Kalk, mit einem Verlust =1,121, entsprechend der Formel

$$Pb\,Cl^2 + 3 \left.\begin{matrix} \dot{Pb}^3 \\ \dot{Ca}^3 \end{matrix}\right\} \left\{ \begin{matrix} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{A} \\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P} \end{matrix}\right.$$

P.

Digitized by Google

mikern geschicht. Die Resultate dieser Untersuchungen fielen verneinend aus; denn der Gehalt an Kieselerde, die sich bei Behandlung des Uranpecherzes mit Säure stets in Körnern abschied, war sehr veränderlich.

Bei diesen Untersuchungen fand ich kleine Mengen von Selen in mehreren Stücken Uranpecherzes von Johanngeorgenstadt und Schneeberg. Fortgesetzte Versuche machten es mir sehr wahrscheinlich, daſs diese Substanz weniger in dem Uranpecherze selbst, als in dem, dieses Mineral oft in höchst feinen Trümmern durchziehenden, Kupferkiese enthalten sey. Doch auch in einem Stücke ganz derben Uranpecherzes von Schneeberg, an welchem auch mittelst der Loupe keine fremdartigen Beimengungen zu erkennen waren, wurden Spuren von Selen durch das Löthrohr erkannt. In dem Uranpecherze von Joachimsthal konnte dagegen diese Substanz nicht aufgefunden und nachgewiesen werden.

3) Arsenikglanz vom Palmbaum bei Marienberg.

Ueber den, durch Herrn Bergrath Freiesleben zuerst bekannt gewordenen Arsenikglanz vom Palmbaum waren früher von Herrn Berzelius einige Versuche angestellt worden, in Folge deren er ihn für eine Verbindung von 12 Aequiv. Arsenik und 1 Aequiv. Schwefel ansah. Im Jahre 1827 unternahm ich mit ausgezeichnet reinen Stücken die Untersuchung dieses Minerals, und fand es in 100 Theilen zusammengesetzt aus

96,785	Arsenik und
3,001	Wismuth mit einer wahrscheinchen Spur von Tellur
99,786.	

Wie Herr Berzelius in seinem Jahresberichte über die Fortschritte der chemischen Wissenschaften vom Jahre 1829 bemerkt, wiederholte er auf Veranlassung vorstehender Analyse seine Untersuchung. Da er jedoch hierbei wiederum Schwefel in dem Arsenikglanze fand, an-

Digitized by Google

dererseits ich jedoch keine Spur entdecken konnte, auch meine Untersuchung Herrn **Berzelius** mit aller Zuverlässigkeit ausgeführt zu seyn scheint, so vermuthet er, daſs es zwei verschiedene Mineralien gebe, welche Arsenikglanz genannt werden. Einige Zeit nach der Bekanntmachung meiner Analyse *) stellte Hr. Professor **Fischer** in Breslau künstliche Legirungen von Arsenik mit Wismuth dar, und diese besaſsen dieselben merkwürdigen Eigenschaften, wie der Arsenikglanz, welchen ich für eine natürliche Legirung gedachter beider Metalle erklärt hatte, wodurch demnach meine Untersuchung bestätigt wurde. Die künstliche Legirung von Arsenik und Wismuth raucht wie die natürliche, wenn sie so weit erhitzt worden ist, daſs der Arsenik oxydirt wird, so lange fort, bis Alles verschwunden ist, so sehr man auch durch Anblasen, Bewegen von einer Stelle zur andern, oder Berühren mit kalten Körpern — nur nicht mit Metallen — die Legirung erkältet. Wird der Versuch auf Kohle vorgenommen, so legt sich an der Stelle der Kohle ein weiſser Ring von Oxyd an, an welcher das Arsenik verraucht. Nach Herrn Professor **Fischer** findet diese merkwürdige Erscheinung noch statt, wenn das Wismuth weniger als $\frac{1}{100}$ des Arseniks beträgt. Reines Arsenikmetall erkaltet sehr bald und hört auf zu rauchen, wenn die Flamme entfernt wird, durch welche es entzündet worden ist.

1) Problematisches, vielleicht dem Arsenikwismuth verwandtes Fossil von Wolfgang Maaſsen bei Schneeberg.

Unter dieser Etiquette erhielt ich von Herrn Bergrath **Freiesleben** ein, im *Museum d'hist. naturel. de l'univ. de Moscou. Trois. Partie, Tom. II.* 1827. *p.* 321 anhangsweise beim Arsenikwismuth aufgeführtes, vor ungefähr 14 Jahren vorgekommenes Mineral zur chemischen Untersuchung, welches derb, von leberbrauner Farbe,

*) **Schweigg.** Journ. Bd. 53 S. 372.

schwachem halbmetallischen Glanz und splitterigem Bruche war. Es schien ein ziemlich bedeutendes eigenthümliches Gewicht zu besitzen, und mit fremdartigen Begleitern gemengt zu seyn. Eine ausführliche, damit bereits vor 6 Jahren angestellte chemische Untersuchung zeigte, dafs es *natürliches Wismuthoxyd* war, gemengt mit eisenschüssigem Quarze.

5) Weifsspiefsglanzerz von Bräunsdorf.

In Betracht, dafs das Weifsspiefsglanzerz, wegen seiner äufsern Kennzeichen, von Mohs in die Ordnung seiner Baryte, einer Abtheilung, die nur Salze enthält, versetzt worden ist, schien einige Wahrscheinlichkeit vorhanden zu seyn, dafs das in Rede stehende Mineral nicht blofs aus reinem Antimonoxyde bestehe, wie Klaproth und Vauquelin fanden, sondern aus irgend einem elektronegativen Körper mit dieser Basis, und dafs ersterer Bestandtheil dieses Mineralkörpers bei den früheren Untersuchungen übersehen worden sey.

Diese Umstände und der, dafs Hacquet in diesem Minerale Salzsäure gefunden zu haben glaubte, veranlafsten mich, dasselbe einer neuen chemischen Zerlegung zu unterwerfen, und Herr Professor Breithaupt hatte die Güte, mir zu diesem Zwecke ausgezeichnet reine Exemplare von Bräunsdorf und Przibram in Böhmen mitzutheilen. Bei dieser Untersuchung, deren Details ausführlich in einem der nächsten Hefte des Jahrbuches der Chemie und Physik mitgetheilt werden sollen, und bei welcher auf Gegenwart von Chlor, Fluor, Selen, Phosphor, Schwefel- und Chromsäure Rücksicht genommen wurde, ergab sich jedoch, dafs das Weifsspiefsglanzerz nur aus reinem *Antimonoxyde* besteht *).

*) Auch die interessanten Beobachtungen Wöhler's über die Dimorphie und Isodimorphie der arsenigen Säure und des Antimonoxyds (S. 180 dieses Bandes) möchten eine indirecte Bestätigung hiervon liefern. *P.*

6) Brauneisenstein von Willsdruff.

Vor einigen Jahren erhielt ich Gelegenheit, den zu dieser Zeit aufgefundenen Brauneisenstein von Willsdruff chemisch zu untersuchen. Die Untersuchung wurde mit ganz reinen, von fremden Beimengungen freien Stücken angestellt, und da sie nicht ganz uninteressante Ergebnisse lieferte, so erlaube ich mir, letztere in gedrängter Kürze mitzutheilen.

100 Theile dieses Eisensteins wurden zerlegt in

62,933	rothes Eisenoxyd
22,200	Kieselerde
1,838	Alaunerde
1,325	Phosphorsäure
10,412	Wasser
1,292	Spur von Mangan und Verlust
100,000.	

Die Trennung der Phosphorsäure vom Eisenoxyde geschah durch wasserstoffschwefliges Schwefelammonium, die der Kiesel- und Thonerde durch Schmelzen mit Aetzkali etc.

Die Ergebnisse vorstehender Analyse dürften zu dem Schlusse berechtigen, dafs gedachter Eisenstein ein mit Eisenoxydhydrat imprägnirter Kieselschiefer sey. Bemerkenswerth ist es, dafs in diesem Eisensteine Eisenoxyd und Wasser in einem solchen Verhältnisse zu einander stehen, dafs der Sauerstoff des ersteren ein Multiplum von 2 von dem des Wassers beträgt, oder 2 Aequiv. Eisenoxyd mit 3 Aequiv. Wasser verbunden sind. Was den Gehalt dieses Eisensteins an Phosphorsäure betrifft, so erscheint die Gegenwart dieser Säure eben so wenig befremdend, als ihre Erzeugung schwer zu erklären ist. Ersteres um defshalb nicht, weil dieser Eisenstein in Kieselschiefer — einer Gebirgsart, welche sehr oft phosphorsaure Verbindungen als Begleiter führt — vorkommt.

Belege für die ausgesprochene Bemerkung, dafs phosphorsäurehaltige Mineralien den Kieselschiefer sehr häufig begleiten, liefern die Vorkommnisse von phosphorsaurem Thonerdehydrat (Wavellit) in dem Kieselschiefer von Diensberg bei Giefsen, von Springhill in Irland, und bei Frankenberg unweit Freiberg, des Calaits bei Oelsnitz und in Schlesien. Die Erzeugung der Phosphorsäure findet auf der Oberfläche der Erde ununterbrochen statt; das neue Product tritt nur gewöhnlich nicht anschaulich hervor, sondern vertheilt sich in dem Oberflächengestein und

Digitized by Google

verliert sich in den lockern Massen. So findet man Ackererden, welche oft mehrere Fufs tief schwach mit Phosphorsäure oder phosphorsauren Verbindungen durchzogen sind. Anders verhält es sich, wenn die Bildung der Phosphorsäure in der Nähe von Kieselschiefer vor sich geht. Hier kann kein Eindringen in die chemische Masse stattfinden. Die aufserordentliche Dichtheit dieses Gebirgsgesteins, die Eigenschaft, keiner Verwitterung unterworfen zu seyn, der gänzliche Mangel von Verwandtschaft, und das repulsive Verhalten seines Hauptbestandtheiles zur Phosphorsäure, wirken gemeinschaftlich ihrer Aufnahme entgegen. Daher hat man auch noch in keinem Kieselschiefer Phosphorsäure aufgefunden. Da derselbe jedoch nach allen Richtungen sehr leicht zerklüftet, so können die neu erzeugten phosphorsäurehaltigen Fluida die Spalten und Klüfte leicht ausfüllen, verdichten sich daselbst, ordnen sich nach den Gesetzen der Kräfte, und treten in veränderter Gestalt als neue Mineralkörper, deren Zartheit an ihre Jugend erinnert, anschaulich hervor. So findet man den Wavellit am Diensberg, zu Springhill, zu Frankenberg, den Calait bei Oelsnitz und in Schlesien, stets auf Klüftungsflächen im Kieselschiefer; hinreichende Belege für die Statthaftigkeit der eben ausgesprochenen Ansicht über das Vorkommen phosphorsaurer Verbindungen in gedachtem Gesteine.

7) Salzsäure in Flufsspäthen.

Die Ergebnisse der chemischen Zerlegung der Braunbleierze veranlafsten mich, die begonnenen Untersuchungen über die isomorphen Substitutionen im Mineralreiche fortzusetzen, und da die beiden mit einander isomorphen Substanzen, *Chlor* und *Fluor*, sich sehr häufig in unbestimmten Verhältnissen ersetzen, so lag die Vermuthung sehr nahe, dafs diese Erscheinung vielleicht auch bei den Flufsspäthen stattfinde. In Folge dessen stellte ich über den fraglichen Gegenstand Versuche an, deren Resultate meine Vermuthung bestätigten. In mehreren blauen Abänderungen des Flufsspathes von Marienberg, und auch in einigen von Freiberg, wurden kleine Gehalte von Chlor oder Salzsäure erkannt und bestimmt nachgewiesen. Ich beabsichtige die Fortsetzung dieser Versuche, deren Resultate im künftigen Jahre mitgetheilt werden sollen.

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1832, ZWÖLFTES STÜCK.

I. *Beitrag zur chemischen Zerlegung der organischen Körper in ihre Grundbestandtheile;*
von C. Brunner.

Es war natürlich, dafs, nachdem die Gesetze, nach denen sich die Elemente zu den Gebilden der unorganischen Natur vereinigen, bekannt geworden waren, die Thätigkeit der Chemiker sich darauf richtete, diese auch in den Schöpfungen der belebten Natur aufzufinden. Die ganz verschiedenen chemischen Eigenschaften dieser letzteren, ihre ganz verschiedene Entstehungsweise, verglichen mit derjenigen der unorganischen Natur, hatten schon längst gezeigt, dafs auch in den Gesetzen ihrer chemischen Mischung eine bedeutende Verschiedenheit stattfinden müsse: allein der Weg, welchen die älteren Naturforscher eingeschlagen hatten, und der fast blofs in der trocknen Destillation bestand, war wenig dazu geeignet, über diese wichtige Frage Licht zu verbreiten. — Lavoisier*) hat das Verdienst auch hier zuerst eine rationelle Bahn eröffnet zu haben. Er verbrannte in einer einfachen Vorrichtung, bestehend aus einer Argand'schen Lampe, die so

*) *Mémoires de l'Académie royale* 1784, *p.* 592.

Digitized by Google

eingerichtet war, dafs die Verbrennungsproducte in das Schlangenrohr eines Destillationsapparates geleitet werden konnten, Oel und Alkohol, und schlofs aus dem erhaltenen Wasser auf die Menge des in diesen Substanzen enthaltenen Wasserstoffes.

Noch genauere Versuche machte er durch Verbrennung geringer Mengen von Olivenöl und Wachs in einer mit Sauerstoffgas gefüllten und mit Quecksilber gesperrten Glocke. Aus dem erhaltenen Gase, dessen Kohlensäure er durch Absorption mit Kalilauge dem Volumen nach bestimmte, schlofs er auf den Kohlenstoff, aus der Menge des verzehrten Sauerstoffs, weniger dem in der erzeugten Kohlensäure befindlichen, als auf den zur Oxydation des Wasserstoffs verwendeten Sauerstoff, und aus diesem auf denjenigen Antheil Wasserstoff, der in der organischen Substanz nicht mit Sauerstoff zu Wasser verbunden enthalten war. Die gefundene Menge von Wasserstoff und Kohlenstoff von dem Gewichte der verbrannten Substanz abgezogen, gab ihm die in derselben enthaltene Menge von Wasser oder dessen Bestandtheilen an.

Obgleich die von Lavoisier erhaltenen Resultate, wegen der damals noch nicht richtig gekannten Zusammensetzung der Kohlensäure und des Wassers, und wegen der Unvollkommenheit seines Apparates unrichtig ausfallen mufsten, und den Anforderungen unserer Zeit nicht entsprechen, so war doch durch die, seinem Verfahren zum Grunde gelegte Idee, der richtige Weg zur Erreichung des vorgesteckten Zieles gebahnt. Bei genauerer Untersuchung aller seither versuchten Methoden findet man indefs sie sämmtlich auf dem Bestreben beruhend, die Elemente der Körper durch Oxydation in binäre Verbindungen von bekannter Zusammensetzung zu verwandeln, und aus der erhaltenen Menge derselben auf diejenige der Elemente selbst zu schliefsen. In der Ausführung des Verfahrens selbst schlugen die Chemiker verschiedene Wege ein.

Digitized by Google

Während Gay-Lussac und Thénard *) als Oxydationsmittel chlorsaures Kali anwandten, suchte Saussure **), durch Vervollkommnung des Lavoisier'schen Apparates, mittelst Verbrennen in Sauerstoffgas genauere Resultate zu erhalten, und das oft bewunderungswürdige Zusammentreffen derselben mit denen von ersteren erhaltenen liefs schon auf grofse Fortschritte in diesem Theile der Kunst schliefsen.

Noch immer blieb aber diese Analyse mit Schwierigkeiten in der Ausführung verbunden, und Niemand, aufser den genannten Gelehrten nebst Berzelius, hatten es gewagt solche Versuche zu unternehmen, als Gay-Lussac ***) durch Anwendung von Kupferoxyd als Oxydationsmittel auf einmal die Arbeit auch dem weniger Geübten zugänglich machte, und durch genaue, mit den bereits bekannten Erfahrungen sehr gut übereinstimmende Versuche, die Richtigkeit derselben bekräftigte.

Seit dieser Zeit bediente man sich fast ausschliefslich dieser letzteren Methode. Die Sicherheit derselben und die Einfachheit des erforderlichen Apparates schienen so grofse Vortheile darzubieten, dafs die früheren fast gänzlich in Vergessenheit geriethen.

Nur Prout †), durch die ebenfalls nach und nach bekannt gewordenen Mängel dieses Verfahrens dazu bewogen, kehrte zu der Lavoisier'schen Verbrennung in Sauerstoffgas zurück, und gab dem Apparate von Saussure eine verbesserte Einrichtung. Es scheint jedoch nicht, dafs dieser Vorschlag allgemeinen Eingang fand. Es liefsen sich auch wirklich an Prout's Apparate, der auf jeden Fall etwas zusammengesetzt ist, mehrere Mängel nachweisen.

*) *Recherches physico-chimiques.*

**) *Bibliothèque britannique, LVI.*

***) *Annales de Chimie.*

†) *Philosoph. transact.* 1827. (Ann. Bd. XII S. 263.)

Digitized by Google

Alle in den letzten Jahren unternommenen Arbeiten in diesem Theile der Wissenschaft wurden nach der Gay-Lussac'schen Methode ausgeführt, und führten zu einer grofsen Menge von Abänderungen des Apparates, welche zu beschreiben hier überflüssig wäre.

Wenn ich es nun wage ein neues Verfahren zur Zerlegung der organischen Producte vorzuschlagen, so geschieht dieses nicht in der Meinung, dafs dasselbe *in jedem Falle* den bisher üblichen vorzuziehen sey, oder gar mit der Behauptung, dafs diese letzteren nicht genügende Resultate geben können, sondern in der Voraussetzung, dafs es wünschenswerth sey, mehrere Wege zur Erreichung des nämlichen Zieles zu kennen, deren Ergebnisse einander wechselsweise zur Bestätigung dienen können. So wenig als man bei der unorganischen Analyse verlangt, dafs alle nach der nämlichen Vorschrift ausgeführt werden, so kann auch hier eben so wenig eine solche allgemeine Vorschrift, nach welcher immer zu verfahren wäre, genügen, und es ist gewifs richtiger, sich nach den jedesmaligen Umständen bald der einen, bald der andern Methode zu bedienen.

Die Methode, welche ich hier beschreiben werde, gehört zu der Lavoisier'schen Verbrennungsmethode mit Sauerstoffgas, und ist eigentlich als eine Abänderung von Prout's Verfahren anzusehen, bei welchem, wie bei Saussure, die Bestimmung des Wasserstoffs nur indirect, nämlich durch Bestimmung des zur Wasserbildung verbrauchten Sauerstoffantheiles, geschieht, da hingegen bei der hier zu beschreibenden diese Bestimmung auf eine directe Art, nämlich durch Auffangen und Wägen des erzeugten Wassers, erhalten wird, nach der von Berzelius zuerst eingeführten Weise. Eben so ist der Apparat gleichsam eine Verbindung des Prout'schen mit demjenigen von Berzelius. Ehe ich ihn beschreibe, sey es mir erlaubt, etwas über die der Analyse nothwendig vorangehenden Zubereitungen mitzutheilen.

Digitized by Google

Austrocknen der Substanzen.

Das erste Erfordernifs bei jeder chemischen Analyse ist die genaue Mengenbestimmung des der Untersuchung zu unterwerfenden Stoffes. Es ist klar, dafs diese Bestimmung bei einer solchen Zerlegung, bei welcher geringe Procentunterschiede in dem Resultate auf die theoretische Betrachtung der Zusammensetzung wesentlichen Einflufs haben, sehr genau geschehen mufs. Dazu kommt hier noch der besondere Umstand, dafs der eine Bestandtheil, der Sauerstoff, nur als Rest bestimmt wird, dafs also alle vorhergehenden Fehler auf diesen Bestandtheil zurückfallen. Jeder, der Untersuchungen dieser Art angestellt hat, weifs wie schwer es ist, die meisten organischen Körper von dem ihnen anhängenden Wasser zu befreien. Es handelt sich hiebei nicht sowohl um die Entfernung des in der Mischung des Körpers enthaltenen, welches oft nicht ohne Zerstörung desselben entfernt werden, und dessen Menge, wenn sie durch andere Versuche erforscht ist, bei der Analyse in Rechnung getragen werden kann, als vielmehr des zufällig eingemengten, entweder bei der Darstellung des Stoffes mit demselben verbunden gebliebenen, oder von ihm aus der Atmosphäre angezogenen. Dieses gänzlich zu entfernen, hält oft sehr schwer. Einige haben sich zwar die Sache leicht gemacht, und meinten, da diese Austrocknung sehr schwierig sey, so wäre es besser, die Körper in ihrem natürlichen Zustande zu analysiren, so wie sie, bei der gewöhnlichen Beschaffenheit der Atmosphäre an einem trockenen Orte aufbewahrt, sich darstellen. Solche Analysen hat Herrmann *) geliefert. Zu gewissen Zwecken mögen vielleicht dergleichen Untersuchungen genügen; welchen Gewinn aber die Wissenschaft daraus ziehen kann, ist schwer einzusehen.

Die gewöhnlichen Austrocknungsmethoden bestehen darin, dafs der, wo möglich zu Pulver geriebene, Kör-

*) Poggendorff's Annalen, Bd. XVIII S. 375.

Digitized by Google

per der Einwirkung einer gelinden Wärme ausgesetzt wird, entweder in freier Luft oder besser in einem durch hygroskopische Substanzen ausgetrockneten Raum. Noch schneller geschieht die Austrocknung, wenn die Wirkung der Luftpumpe dabei zu Hülfe genommen wird. Man kann sich hiezu der von Berzelius *) vorgeschlagenen Methode bedienen, nach welcher der Körper in einem engen, an dem einen Ende offenen oder nur leicht zugebundenen Gefäfse in erhitzten Sand zugleich neben concentrirter Schwefelsäure unter den Rezipienten der Luftpumpe gebracht wird. Diese in den meisten Fällen vollkommen genügende Methode hat nur den Nachtheil, dafs die Wirkung des erhitzten Sandes bei seinem Kaltwerden beständig abnimmt, und derselbe oft erneuert werden mufs, bis der Körper nach jedesmaligem Erkalten keine Gewichtsabnahme mehr zeigt. Schneller gelangt man mittelst folgender Einrichtung zum Ziele.

Der Körper wird im zerriebenen Zustande in die unten zugeschmolzene Glasröhre *ab*, Fig. 6 Taf. V, gelegt, deren Weite 5 Linien, und Länge 5 Zoll beträgt, so dafs er darin eine Höhe von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll annimmt. Die Röhre ist oben mit einer messingenen Fassung versehen, auf welche der Hahn *c* luftdicht aufgeschraubt werden kann. Unterhalb des Hahns ist an der Röhre desselben eine Seitenröhre, unter einem rechten Winkel ausgehend, angebracht, die zu dem Recipienten der Luftpumpe, unter welchem ein Gefäfs mit Schwefelsäure befindlich ist, führt, und mit diesem durch eine Kautschuckröhre **) verbunden wird. An dem oberen Theile des Hahnstückes ist eine 3 Fufs lange Röhre, mit Chlorcalciumstückchen gefüllt, angekittet. In den Platintiegel, in welchem die Röhre *ab* so aufgehängt ist, dafs sie weder

*) Lehrbuch, Bd. III S. 153.

**) Zu mehrerer Deutlichkeit sind in allen Zeichnungen die Kautschuckröhren weggelassen worden.

Digitized by Google

den Boden noch die Wand berührt, giefst man die Flüssigkeit, deren Siedpunkt als Erhitzungsgränze dienen soll, und bringt sie durch eine untergesetzte Argand'sche Oellampe in anhaltendes Kochen *). Entleert man zuweilen den Apparat mit der Luftpumpe und erneuert die Luft durch Oeffnen des Hahns, so wird das Trocknen, so weit es überhaupt durch Wärme möglich ist, in kurzer Zeit vollbracht seyn.

Die Temperatur, welche zur gänzlichen Austrocknung eines organischen Körpers erfordert wird, ist ziemlich verschieden. Während die einen schon bei 60° oder 70° C. sich bräunen und zersetzt zu werden anfangen, lassen sich andere ohne Nachtheil auf 150° erhitzen. Die einen geben das Wasser leicht und schnell, die andern nur sehr langsam ab. Die meisten Schriftsteller haben eine gewisse Temperatur als allgemeine Regel angenommen, z. B. 100° C., und scheinen überzeugt zu seyn, dafs alle bei dieser Temperatur getrocknete Substanzen unter sich vergleichbare Resultate geben müssen, wie dieses allerdings aus dem Siedpunkt des Wassers zu folgen scheint. Doch bemerkte schon Saussure **), dafs in vielen Fällen diese Temperatur nicht ausreicht, und Liebig ***) bediente sich bei seinen Analysen der Pflanzenalkalien einer Wärme von 120°.

Ich pflege, um den nöthigen Temperaturgrad zu finden, den Körper, wenn er solches ohne Zersetzung oder Verflüchtigung aushält, zuerst in dem beschriebenen Ap-

*) Da es mir nicht gelingen wollte einen Kitt zu erhalten, welcher die erforderliche Hitze aushielt, ohne weich und beim Auspumpen des Apparats von dem Drucke der Luft durchbrochen zu werden, so half ich mir dadurch, dafs ich die mit gutem Siegellack aufgekittete Fassung durch ein kleines blechernes, mit kaltem Wasser gefülltes Gefäfs, dessen Boden ein durchbohrter Kork bildete, immer kühl erhielt.

**) *Bibl. brit. T. LVI p.* 353.

***) Poggendorff's Annalen, Bd. XXI. S. 19.

Digitized by Google

parate bei 98° C. zu behandeln, indem ich in dem Platintiegel Wasser zum Kochen bringe. Sobald die Röhre keine Gewichtsabnahme mehr erleidet, so wird die Temperatur auf 110° oder 120° erhöht, indem ich eine Mischung von Wasser und Schwefelsäure statt des bloſsen Wassers zum Kochen bringe. Erfolgt auch jetzt nach einiger Zeit keine Abnahme, so kann das Trocknen als beendigt angesehen werden, sonst aber wird, nachdem bei 120° keine Abnahme mehr erfolgte, die Temperatur durch Anwendung stärkerer Schwefelsäure noch höher gebracht. Zwischen dem Wärmegrade, bei welchem eine Verkohlung eintritt, und demjenigen, bei welchem die letzte Gewichtsabnahme erfolgte, wird man immer einen hinreichenden Zwischenraum finden.

Allein manche Substanzen lassen sich selbst auf diese Art nicht vollkommen austrocknen. Vorzüglich schwer ist dieses bei denjenigen, welche in höherer Temperatur schmelzen, und dabei eine zähe Consistenz annehmen. Diese blähen sich alsdann unter der Luftpumpe stark auf, und die Zähigkeit der entstehenden Blasen verhindert die Dämpfe durch dieselben herauszudringen. Für solche Substanzen kann man sich mit Vortheil folgenden Kunstgriffes bedienen.

Eine im feuchten Zustande genau abgewogene Menge derselben, z. B. 2 Grm., wird in ein wenig Wasser gelöst, und dieser Auflösung eine ebenfalls genau gewogene Menge mäſsig feinen Holzkohlenpulvers zugesetzt, und zwar so viel dieses letzteren als erforderlich ist, um die Flüssigkeit aufzusaugen, und beim nachherigen Austrocknen ein pulveriges Gemenge zu geben. Mit einem kleinen gläsernen Pistill wird die Masse gehörig durch einander gearbeitet, und hierauf unter dem Recipienten der Luftpumpe auf warmem Sande so lange getrocknet, bis die Schaale keine Gewichtsabnahme mehr zeigt. Die Differenz des Gewichtes ihres jetzigen Inhaltes gegen diejenige des feucht gewogenen Körpers und des Kohlenpul-

vers zusammengenommen, giebt natürlich die Menge des aus ersteren entwickelten Wassers an, und somit auch die wahre Menge der trockenen Substanz, die in der abgewogenen Menge der feuchten enthalten war. Zerlegt man hierauf den Körper im nämlichen Zustande der Feuchtigkeit, wie er zur Behandlung mit Kohlenpulver abgewogen wurde, so ist es leicht, der in ihm enthaltenen Menge von Wasser Rechnung zu tragen.

Man sieht leicht ein, daſs bei dieser Behandlung das Austrocknen durch die Vermehrung der Oberfläche des auszutrocknenden Körpers durch das Kohlenpulver, welches mittelst seiner Porosität das Verdampfen der in seine Zwischenräume aufgenommenen Flüssigkeit befördert, vervollständigt wird. Damit aber dieses Verfahren ein möglichst genaues Resultat gebe, sind mehrere Dinge dabei zu beobachten.

1) Das Kohlenpulver muſs unmittelbar vor der Anwendung gut ausgeglüht worden seyn. Es muſs glühend aus dem Ofen genommen werden, und unter einem gut schlieſsenden Recipienten neben Schwefelsäure zum gänzlichen Kaltwerden hingestellt werden.

2) Unmittelbar vor dem Zumischen des Kohlenpulvers wird die Schaale, worin sich die Flüssigkeit befindet, in einer mit einem gut schlieſsenden Deckel versehenen messingenen Kapsel (Fig. 7 Taf. V) zugleich mit einem Gewichtstein von etwa 4 Grm. auf's Genaueste tarirt. Dann wird so schnell als möglich die erforderliche Menge des Kohlenpulvers in die Auflösung getragen, und wieder bei verschlossener Kapsel das Gewicht desselben durch Ersetzen des 4 Grammgewichtes mit den erforderlichen kleineren Gewichten bestimmt. Auf 2 Grm. feuchter Substanz werden 3 bis 4 Grm. Kohlenpulver gewöhnlich hinreichen.

3) Nachdem die Flüssigkeit von dem Kohlenpulver aufgesogen worden, wird das mit dem Pistill gleichförmig durchgearbeitete Gemenge entweder an der Sonne

oder in gelinder Ofenwärme, zuletzt unter der Luftpumpe auf warmem Sande so lange behandelt, bis keine Gewichtsabnahme mehr eintritt; wobei zu erinnern ist, dafs die Wägung stets in der verschlossenen Kapsel vorgenommen werden mufs.

4) Man darf nicht versäumen vor der jedesmaligen Wägung den Recipienten, unter welchem sich die Schaale befindet, eine Zeit lang mit Luft gefüllt stehen zu lassen, damit das durch das Auspumpen luftleer gewordene Kohlenpulver ungefähr eben so viel Luft einsauge als es enthielt, da es zum ersten Male gewogen wurde.

5) Sobald keine Gewichtsabnahme mehr eintritt wird die Schaale geleert, der Inhalt derselben durch Gewichte ersetzt, und aus diesen, wie oben angegeben, die Menge des im Körper enthaltenen Wassers bestimmt.

Obgleich diese Methode, wegen der Eigenschaft des Kohlenpulvers Luft und Feuchtigkeit aus der Atmosphäre zu absorbiren, und dadurch der genauen Wägung einige Schwierigkeit entgegenzusetzen, nicht einen absoluten Grad von Genauigkeit darbietet, so wird man doch finden, dafs bei der Beobachtung der angegebenen Regeln, sehr nahe zusammenstimmende Resultate erhalten werden können. Der Unterschied in der absorbirten Luft- und Wassermenge in dem leeren und in dem mit der Substanz durchdrungenen Kohlenpulver, mag wohl so grofs nicht seyn. Ich glaube daher, dafs dieses Verfahren, so lange bis ein sichereres angegeben wird, recht brauchbar seyn werde.

Bestimmung der Atom-Mengen der Bestandtheile.

Berzelius hat zuerst den glücklichen Gedanken gehabt, durch Verbindung der organischen Körper mit einem unorganischen Oxyde von bekannter Zusammensetzung, und Vergleichung der Sauerstoffmengen, welche beide in die Verbindung mitbringen, einen Anhaltspunkt zur Bestimmung der Anzahl ihrer Atome abzuleiten. Auf

Digitized by Google

ähnliche Art hat vor Kurzem Liebig *) bei den Pflanzenalkalien ihre Verbindungen mit Säuren benutzt.

Die Verbindungen der organischen Körper mit Bleioxyd eignen sich hiezu aus mehreren Gründen ganz vortrefflich. Sie sind meistens identisch darstellbar, lassen sich leicht austrocknen und analysiren. Um ihre Zusammensetzung zu erkennen schreibt Berzelius vor, eine gewogene Menge derselben auf einem Uhrglase über der Weingeistlampe zu verbrennen und den Rückstand mit Essigsäure auszuziehen. Das von dieser aufgenommene Bleioxyd mit dem zurückgebliebenen metallischen Blei, nachdem dieses durch Rechnung ebenfalls in Oxyd verwandelt worden, zusammengelegt, giebt die eigentliche Menge des in der verbrannten Verbindung enthaltenen Bleioxydes an.

Ich habe gefunden, dafs man diese Bestimmung noch leichter und sicherer erhält, wenn man die zu verbrennende Verbindung auf dem Uhrglase selbst mit ihrem 2 bis 3fachen Volumen mäfsig feinen mit Salzsäure ausgezogenen, vom Staube durch Schlämmen mit Wasser befreiten und wieder getrockneten Quarzsandes mengt, dieses Gemenge auf dem Uhrglase genau tarirt, und es hierauf unter Umrühren mit einer flachgedrückten Thermometerröhre auf der Weingeistlampe so lange röstet, bis Alles in ein rein gelbes Pulver verwandelt ist, und beim Umrühren sich keine Fünkchen mehr erzeugen. Die nach dem Erkalten der Schaale sich zeigende Gewichtsabnahme giebt unmittelbar die in der Verbindung enthaltene Menge der organischen Substanz an.

Durch das Mengen des organischen Körpers mit Quarzpulver wird nämlich die Verbrennung langsamer und gleichförmiger bewirkt. Die Masse kommt nie in heftiges Glühen, backt nicht zusammen, bläht sich nicht auf, und durch die vielen Zwischenräume, verbunden mit dem Umrühren des Gemenges, wird die Luft jedem Theil-

*) Poggendorff's Annalen, Bd. XXI S. 14.

chen zugeführt, so dafs die Verbrennung leicht und vollständig geschieht. Um sich davon zu überzeugen, zieht man den Rückstand mit Essigsäure aus, und entfernt das essigsaure Bleioxyd vollständig durch Waschen mit Wasser. Uebergiefst man hierauf den Quarz mit Salpetersäure, so wird diese bei gehörig ausgeführter Verbrennung keine wägbare Menge von Blei aufnehmen.

Eigentliche Analyse.

Bei der Zerlegung des auf die beschriebene Art getrockneten oder im bekannten Zustande der Feuchtigkeit befindlichen Körpers verfahre ich folgendermafsen.

Eine Röhre von recht gutem, nicht zu leicht schmelzbarem Glase *) von ungefähr 2 F. Länge, $2\frac{1}{2}$ oder 3 Lin. inneren Durchmesser, und $\frac{1}{2}$ Linie Glasstärke, wird an einem Ende in die durch Fig. 8 Taf. V angezeigte Spitze ausgezogen, wobei beide Enden offen bleiben. In *a* wird etwas Amianth eingesteckt, um die einzufüllenden Substanzen vor dem Herausfallen zu sichern, und auf diesen von *a* bis *b* ungefähr anderthalb Zoll lang frisch ausgeglühtes Kupferoxyd, welches glühend aus dem Ofen genommen worden und unter einem Recipienten neben Schwefelsäure kalt geworden ist. In *b* selbst kommt wieder eine kleine Menge Amianth. Auf diesen folgt nun ein Gemenge des zu verbrennenden Körpers mit Quarz, welches den Raum *bc* einnimmt. Am schicklichsten finde ich das Verhältnifs von 0,2 bis 0,3 Grm. des trockenen organischen Körpers (oder dessen Aequivalent im feuchten oder mit Bleioxyd verbundenen Zustande), mit 5 bis

*) Wie wichtig die Qualität des Glases für dergleichen Arbeiten sey, ist hinreichend bekannt. Nach vielen Erfahrungen mit Glas aus verschiedenen Ländern, gebe ich demjenigen von Franc Contat et Comp. in Monthey, im Canton Wallis, den Vorzug. — Ich bin überzeugt, dafs diejenigen Chemiker, in deren Bereich sich diese Glashütte befindet, mir, nach gemachten Versuchen, für diese Notiz Dank wissen werden.

Digitized by Google

7 Grm. des, wie oben angegeben, zugerichteten und gut getrockneten Quarzpulvers. Damit nichts in der Reibschaale, in welcher das Gemenge gemacht worden, zurückbleibe, ist es gut, dieselbe mit noch etwas Quarz auszureiben und diesen noch nachzufüllen, so dafs er bis *d* reicht, wo nun das Ganze wieder mit etwas Amianth befestigt wird. Es mufs bei diesem Einfüllen darauf gesehen werden, dafs das Gemenge so locker als möglich in der Röhre liege, so dafs, wenn es durch zweckmäfsiges Schütteln bei horizontaler Lage der Röhre gleichmäfsig in derselben vertheilt ist, etwa $\frac{1}{4}$ der Röhre über dem Gemenge leer bleibt.

Es ist übrigens leicht einzusehen, dafs durch den Zusatz von Quarz eine gröfsere Zertheilung des Körpers, Vermehrung seiner Oberfläche und vollständige Berührung aller seiner Theile mit dem durchströmenden Sauerstoffgas beabsichtigt wird.

Nachdem die Röhre auf diese Art gefüllt worden, wird sie an ihrem vordern ausgezogenen Ende mit der Röhre *fg*, deren Dimension die Zeichnung angiebt, mittelst einer Kautschuckröhre in Verbindung gesetzt. Der kugelförmige Theil *h* derselben ist leer, der cylindrische *ig* mit Chlorcalcium gefüllt, welches an beiden Enden mit etwas Baumwolle festgehalten wird.

In *g* ist die in die pneumatische Quecksilberwanne führende Gasröhre angepafst.

An dem hinteren Ende der Verbrennungsröhre wird der Gasbehälter *l* befestigt. Dieser besteht aus einer gewöhnlichen, etwas starken Flasche von ungefähr 16 Unzen Wassers Inhalt, und ist mit einer eisernen Fassung versehen, in welche ein Hahnstück luftdicht eingeschraubt werden kann. Dieses Hahnstück trägt unmittelbar unter dem Hahne eine kurze Seitenröhre, welche durch Kautschuck mit der Verbrennungsröhre zusammengepafst wird. Oben an dem Hahnstück ist ein gewöhnlicher Trichter eingekittet. Der Gasbehälter wird bei abgeschraub-

Digitized by Google

tem Hahn über Quecksilber umgekehrt, auf die bekannte Art mit reinem Sauerstoffgas (aus chlorsaurem Kali entwickelt und durch Chlorcalcium getrocknet) gefüllt, und, nach Einpassen des Hahnes, auf die in der Zeichnung angegebene Art mit dem übrigen Apparate zusammengestellt.

Die Operation selbst geschieht nun auf folgende Weise. Durch eine Argand'sche Weingeistlampe, deren Docht im Grundrifs ein schmales Rechteck bildet (Fig. 9 Taf. V), wird zuerst das Kupferoxyd *ab* zum Glühen gebracht. Alsdann läfst man durch Oeffnen des Hahnes langsam Quecksilber in den Gasbehälter herunterfliefsen, bis das in der pneumatischen Wanne herausdringende Gas sich als Sauerstoffgas zu erkennen giebt. Sobald dieses der Fall ist, und die Gasblasen in regelmäfsigen Zwischenräumen hervordringen, wird die Gasröhre unter die Glocke geführt, und durch eine zweite ähnliche Lampe der dem Kupferoxyd zunächst liegende Theil des Gemenges vorsichtig erhitzt, und während immer Sauerstoffgas darüber strömt, die Erhitzung an der gleichen Stelle so lange fortgesetzt, bis die anfangs eintretende Verkohlung verschwindet und der Quarz in der Röhre ganz rein zum Vorschein kommt. Alsdann wird die Lampe vorsichtig etwa $\frac{1}{4}$ Zoll weiter nach dem noch unverbrannten Theile des Gemenges geschoben, und auf diese Art die Operation fortgesetzt, bis das Gemenge gänzlich verbrannt ist. Während der ganzen Zeit wird das Kupferoxyd im Glühen erhalten. Man wird, wenn die Operation gehörig geleitet wird, bemerken, dafs der organische Körper vollständig in Wasser und Gas zersetzt wird. Ersteres sammelt sich zum Theil in klaren Tropfen in den nicht erhitzten Theilen der Verbrennungsröhre zwischen den beiden Lampen, zum Theil wird es von dem Gase fortgeführt, und geht mit dem Chlorcalcium in Verbindung. Um zuletzt das in der Verbrennungsröhre befindliche Wasser ebenfalls nach dem Chlorcalciumröhrchen zu schaf-

Digitized by Google

fen, darf man nur nach vollendeter Verbrennung die Lampe langsam von dem hinteren Theile der Röhre nach vorn zu bewegen, während immer Sauerstoffgas durchströmt. Man wird dabei finden, dafs das Wasser leicht und vollständig fortgeführt wird.

Die Mengebestimmung der erhaltenen Producte ist die gewöhnliche. Aus der Gewichtszunahme des Chlorcalciums bestimmt man den Wasserstoff, und aus der aufgefangenen Kohlensäure den Kohlenstoff. Die Kohlensäure kann entweder gemessen oder gewogen werden. Letzteres scheint mir vorzüglicher. Es geschieht sehr leicht durch Einbringen eines kugelförmigen Gefäfses, welches ätzendes Kali in kleinen Stückchen enthält, und dessen Gewichtszunahme, nachdem es 24 Stunden in dem Gase gelegen, bestimmt wird *).

*) Ich weifs nicht, warum, so viel mir bekannt ist, Niemand von dieser, von Berzelius angegebenen Bestimmungsmethode der Kohlensäure Anwendung gemacht hat. Sie scheint mir sicherer und einfacher als alle anderen. Eine Zeit lang wollte es mir nicht gelingen, eine vollständige Absorption zu erhalten; allein dieses rührte nur davon her, dafs das Aetzkali bei starker Hitze geschmolzen war. Es mufs nur so weit abgedampft werden, dafs es beim Erkalten vollkommen erstarrt. Schon Berzelius hat hierauf in seiner ersten Abhandlung aufmerksam gemacht. Es ist nicht zu läugnen, dafs auch die Bestimmung nach dem Volumen richtige Resultate geben kann; allein berücksichtigt man die möglichen Fehler beim Messen, die Correctur wegen Luftdruck und Temperatur, die Tension der Kalilauge, die Möglichkeit der gleichzeitigen Absorption anderer Gasarten, so wird man darin gewifs mehr Quellen zu Irrthümern finden, als bei dieser direkten und sichern Art der Bestimmung durch's Gewicht. 1 Milligramm Kohlensäure kann mit vollkommener Sicherheit gewogen werden. Darin sind 0,2765 Milligrm. Kohlenstoff enthalten. Diese Menge mit derjenigen der analysirten Substanz verglichen, sollte über die Genauigkeit des Resultates hinlänglich beruhigen. — Eben so ist nicht leicht einzusehen, was durch einige neuere Apparate, welche die Zeit der Absorption abkürzen sollen, wesentlich gewonnen ist. So z. B. die Anwendung eines gewogenen Gefäfses mit concentrirter Kalilauge. Geht auch bei vor-

Digitized by Google

Bei der Bestimmung des Wassers ist der Umstand zu beobachten, dafs ein kleiner Antheil desselben in dem Schnabel der Verbrennungsröhre sitzen bleibt. Es mufs daher dieser nach beendigter Operation abgeschnitten, tarirt, dann auf der Weingeistlampe vom Wasser befreit und wieder gewogen werden. Das so bestimmte Wasser wird zu dem im Chlorcalcium erhaltenen gelegt.

Es verdient bei der Bestimmung des Wassers noch ein anderer Umstand erwähnt zu werden, nämlich die aufserordentliche hygroskopische Eigenschaft des Kupferoxydes, welche viel bedeutender ist, als man glauben sollte. Ich habe gefunden, dafs selbst die geringe Menge des zu dem beschriebenen Verfahrens erforderlichen, wenn es im Platintiegel geglüht worden und glühend unter den Recipienten neben Schwefelsäure gebracht worden, nach vorsichtigem Einfüllen in die Röhre dennoch bei der Erhitzung mit der Weingeistlampe, ehe die geringste Zersetzung des organischen Körpers eintritt, eine kleine Menge von Wasser liefert. Ich pflege daher, nachdem das Kupferoxyd in die Verbrennungsröhre gebracht und durch Asbest an seiner Stelle befestigt worden, dasselbe zu erhitzen, und das immer noch darin befindliche Wasser durch einen trocknen Luftstrom auszutreiben. Alsdann wird sogleich das Gemenge eingefüllt und der Apparat zum Gebrauche zusammengepafst.

Nicht weniger zu berücksichtigen ist eine andere Eigenschaft des Kupferoxydes, nämlich seine grofse Neigung Kohlensäure aufzunehmen. Glüht man z. B. Kupferoxyd

sichtiger Leitung der Operation chts verloren, so mufs doch zuletzt, wenn das erzeugte Gas durch ein anderes ausgetrieben wird, durch dieses letztere eine kleine Menge von Wasser aus dem Kaligefäfse entführt werden, und will man, um dieses zu vermeiden, eine Röhre mit Chlorcalcium anpassen, so weifs ich nicht, wo dann die Einfachheit des Apparates hergekommen ist. Die Zeit, welche das Aetzkali gebraucht, um die Kohlensäure aufzunehmen, kann übrigens kaum als verloren betrachtet werden.

Digitized by Google

oxyd in einem Platintiegel und läfst es in dem Ofen erkalten, so findet man es nachher kohlensäurehaltig. Erwärmt man es nämlich mit Schwefelsäure und leitet den Dampf in Kalkwasser, so wird dieses deutlich getrübt. Ob diese Aufnahme chemisch oder mechanisch sey, habe ich nicht untersucht. Dieser Umstand ist aber wichtig, und giebt die Regel, dafs das angewandte Kupferoxyd während der Operation beständig glühend erhalten werden mufs. Vorzüglich wichtig ist aber diese Erfahrung bei der Anwendung des Kupferoxydes als Oxydationsmittel nach Gay-Lussac. — Man wird übrigens leicht einsehen, dafs das Kupferoxyd, welches bei dem beschriebenen Verfahren gebraucht wird, den Zweck hat, die etwa bei der Verbrennung mitgehenden empyreumatischen Theile, so wie das bei unvollkommener Verbrennung entstehende Kohlenoxydgas vollständig zu oxydiren. Dafs diese Vorsicht nicht überflüssig sey, beweist der Umstand, dafs in den meisten Fällen der dem Gemenge zunächst liegende Antheil desselben theilweise reducirt wird; bewirkt man dieses während der Operation, so ist es zweckmäfsig, die Erhitzung des Gemenges eine kurze Zeit zu unterbrechen, und Sauerstoffgas über das Kupferoxyd zu leiten, bis es wieder vollständig oxydirt ist.

Auf jeden Fall ist es anzurathen, nach der Absorption der Kohlensäure das rückständige Gas auf brennbare Gasarten zu untersuchen. Man bringt zu diesem Ende eine kleine Menge desselben *) in ein Volta'sches

*) Um eine kleine Menge Gas aus einer Glocke herauszunehmen, bediene ich mich des Fig. 10 Taf. V abgebildeten Instrumentes, welches, das Hahnstück ausgenommen, aus Glas verfertigt ist. Der Theil *ab* wird mit Quecksilber gefüllt, und die Spitze *b*, deren Oeffnung ungefähr 1 Linie im Durchmesser hat, bei geschlossenem Hahn in das in der Glocke enthaltene Gas eingeführt. Oeffnet man nun den Hahn und saugt mit dem Munde Quecksilber in das Gefäfs *c*, so wird natürlich ein gleich grofses Volumen Gas durch die Spitze *b* eintreten. Schliefst man nun schnell den Hahn, und bringt die Spitze *b* in das über

Digitized by Google

Eudiometer, d. h. eine oben zugeschmolzene, mit zwei abstehenden Platindrähten versehene Glasröhre über Quecksilber, fügt ein bis zwei Mal so viel reines, mit destillirtem Zink bereitetes Wasserstoffgas hinzu, und entzündet das Gemenge durch den elektrischen Funken. Trübt sich Kalkwasser in dem nach dem Verpuffen bleibenden Gasrückstande, so war irgend eine unverbrannte kohlenstoffhaltige Gasart vorhanden, und also das Resultat unrichtig, nämlich der aus der Kohlensäure bestimmte Kohlenstoffgehalt zu gering. Ich habe diese Unvollkommenheit, sowohl bei der Verbrennungsmethode von Gay-Lussac, als bei der oben beschriebenen, einige Mal bemerkt. Es ist zweckmäſsig, die Resultate solcher Versuche nicht in Rechnung zu bringen.

Vergleicht man nun das beschriebene Verfahren mit den bereits in Anwendung gebrachten, so glaube ich wird sich Folgendes ergeben:

Vor dem Saussure'schen scheint es den Vorzug zu haben, daſs man 1) mit gröſseren Quantitäten arbeiten kann, da Saussure nur 0,05 bis 0,06 Grm. organische Substanz zerlegte, wodurch natürlich die Fehler, in Vergleichung mit den Resultaten, sehr bedeutend wurden.

2) Daſs die bei unvollkommener Verbrennung entwickelten Gasarten durch das Kupferoxyd noch vollständig oxydirt werden.

3) Daſs die Bestimmung des Wasserstoffes aus einem positiven Ergebniſs, nämlich der erhaltenen Wassermenge, geschieht.

4) Daſs bei der Bestimmung der Kohlensäure keine Feuchtigkeit auf die Menge derselben Einfluſs haben kann.

Auch vor der Prout'schen Methode möchte die

Quecksilber umgestürzte Gefäſs, worein das Gas gebracht werden soll, so wird solches beim Oeffnen das Hahns durch den atmosphärischen Druck darin emporsteigen.

hier beschriebene aus den drei zuletzt angeführten Gründen den Vorzug verdienen.

Vergleichen wir ihre Anwendbarkeit mit derjenigen mittelst Kupferoxyd, so finden wir Folgendes:

1) Die grofse Schwierigkeit, das Kupferoxyd ganz frei von Feuchtigkeit in die Verbrennungsröhre zu bringen, da es solche unvermeidlich beim Zusammenreiben mit der Substanz, oder auch nur beim Einfüllen selbst anzieht, fällt hier gänzlich weg.

Berzelius hat zwar ein vollkommen sicheres Mittel, das hygroskopische Wasser nach dem Einfüllen des Gemenges in die Verbrennungsröhre aus dieser durch Anwendung von Hitze und Luftpumpe wegzuschaffen, beschrieben; dieses führt aber zu Einrichtungen und Operationen, welche wohl umständlicher seyn möchten, als die hier beschriebenen.

2) Da man mit unbekleideten Glasröhren arbeitet, so sieht man deutlich die Fortschritte der Operation, und hat die Leitung derselben mittelst der Stellung der Lampen und des Oeffnens des Hahns vollkommen in seiner Gewalt. Man hat nicht zu besorgen, dafs, wie Henry und Plisson *) richtig beobachtet haben, sich zuweilen empyreumatische Theile an die obere Wölbung der Verbrennungsröhre ansetzen, welche, da sie kein Kupferoxyd mehr berühren, der Verbrennung entgehen.

3) Die Art, wie sich die verschiedenen Körper bei ihrer Zersetzung verhalten, ist übrigens sehr verschieden. Die einen verbrennen sehr leicht, wie z. B. ameisensaures Bleioxyd, Galläpfelsäure u. a., während dagegen andere schwer vollkommen zu verbrennen sind, wie z. B. der Stärkezucker. Diese Verschiedenheit erfordert genaue Berücksichtigung, und ist bei der Verbrennung in Sauerstoffgas leichter zu verfolgen, als bei derjenigen mit Kupferoxyd.

Für die stickstoffhaltigen Körper ist dagegen die so

*) *Journal de Pharmacie*, *XVI p.* 589, *XVIII p.* 287.

Digitized by Google

eben beschriebene Zerlegungsmethode aus bereits bekannten Gründen nicht geeignet, man müſste denn ein Mittel auffinden, die unter gewissen Umständen entstehenden Verbindungen des Stickstoffs, die Salpetersäure und das Ammoniak, zu zersetzen. Ich glaube daher, daſs hier die Anwendung des Kupferoxyds immer noch die zweckmäſsigste Methode sey. Unerläſslich ist aber dabei das Wegschaffen der atmosphärischen Luft. Dieses geschieht nur unvollkommen durch Austreiben mittelst Kohlensäure vor dem Versuche. Nur durch die Luftpumpe kann hier gründlich geholfen werden. Gay-Lussac und Liebig haben zuerst dieses Mittel gebraucht. Ich weiſs nicht, warum bei so vielen neueren Arbeiten dieses versäumt wurde. Vielleicht schien der Apparat etwas schwierig anzufertigen. Ganz leicht erlangt man jedoch diese Wirkung auf folgende Art.

Die Gasableitungsröhre, deren senkrechter Theil 30″ lang ist, trägt an ihrem aufwärts gebogenen kurzen Schenkel einen kleinen eisernen Hahn, wie es Fig. 11 Taf. V zeigt. Nach dem Zusammenpassen des Apparates wird die Oeffnung des Hahnstücks mit dem Recipienten der Luftpumpe durch ein Kautschuckröhrchen in Verbindung gesetzt, welches in jeder hiezu bequemen Stellung des Apparates leicht geschehen kann. Nach Entleerung desselben wird der Hahn geschlossen und die Röhre in den zur Operation bestimmten Ofen gebracht, so daſs der Hahn der Gasröhre unter die Oberfläche der Quecksilberwanne kommt. Oeffnet man ihn nun, so steigt natürlich das Quecksilber auf die Barometerhöhe hinauf. Will man auf's Schärfste verfahren, so entwickelt man jetzt aus dem retortenförmig gebogenen Ende der Verbrennungsröhre, welches 2 bis 3 Grm. trocknes doppeltkohlensaures Kali enthält, durch Erhitzen mit einer Weingeistlampe, so viel kohlensaures Gas, bis solches in der pneumatischen Wanne aufzusteigen anfängt, unterbricht hierauf die Gasentwicklung, setzt den Apparat noch ein-

Digitized by Google

mal mit der Luftpumpe in Verbindung und entleert ihn. Es ist klar, dafs durch diese zweite Entleerung, selbst bei Anwendung einer unvollkommenen Luftpumpe, die atmosphärische Luft so gut als gänzlich herausgeschafft seyn wird.

Bern, im August 1832.

II. *Ueber die Verbindungen von Wasserstoff und Kohlenstoff;*
von Hrn. J. Dumas.

(*Ann. de chim. et de phys. T. L p.* 182.)

Die Kohlenwasserstoff-Arten spielen eine ähnliche Rolle wie das Cyan, sie verbinden sich unverändert mit vielen Körpern und bilden mit ihnen organische Substanzen. Die Rolle, welche eine von ihnen, das Kamphogen, in einigen merkwürdigen Verbindungen zu spielen scheint, habe ich bereits nachgewiesen *). Durch fernere Beschäftigung mit diesem Gegenstand bin ich zu einem unerwarteten Resultat gelangt, nämlich zur Entdeckung zweier Kohlenwasserstoffe, von denen der eine scheint isomerisch mit dem Naphthalin zu seyn.

Naphthalin. Diese von Hrn. Kidd entdeckte sonderbare Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff ist zuerst von Herrn Faraday, und neuerdings in Frankreich von Hrn. Laurent, und in Deutschland von den HH. Reichenbach, Oppermann, Wöhler und Liebig untersucht worden **). Die Gesammtheit dieser Un-

*) Vergl. diese Ann. Bd. XXIV (100) S. 580. P.

**) Kidd, Ann. Bd. VII (33) S. 104; Faraday, ebendaselbst; Reichenbach und Oppermann, Ann. Bd. XXIII S. 302; Wöhler und Liebig, Ann. Bd. XXIV (100) S. 169; Laurent, Ann. Bd. XXV (101) S. 376. P.

Digitized by Google

tersuchungen bildet indefs noch bei weitem keine vollständige Geschichte des Naphthalins, wie man weiterhin sehen wird.

Das Naphthalin schmilzt bei 79° C., und siedet bei 212° C. Sein Dampf hat die Dichtigkeit =4,528, und ein Liter von ihm wiegt also =5,882 Grm., nach folgendem Versuch:

Gewichtsüberschufs des mit Dampf gefüllten über den luftvollen Ballon =0,423 Grm. Rauminhalt des Ballons =216 C. C., Temperatur des Dampfs 235°. Barometer 0^{m},759. Thermometer 15°,5.

Zufolge der Analysen des Hrn. Faraday und des Hrn. Laurent besteht das Naphthalin aus 5 At. Kohlenstoff (C=76,437) *) und 4 At. Wasserstoff. Dieses Resultat stimmt mit der von mir gefundenen Dichtigkeit des Dampfs, welche beweist, dafs jedes Volum Naphthalin enthält:

5 Vol. Kohlenstoffdampf	4,213
4 Vol. Wasserstoff	0,2752
1 Vol. Naphthalin.	4,4882

Andererseits liefern die älteren Versuche des Hrn. Faraday und die neueren der HH. Wöhler und Liebig uns die Mittel, das Atomgewicht des Naphthalins zu berechnen. Nach den Letzteren, die mit einem reinen Producte gearbeitet zu haben scheinen, erfordern 13,92 Schwefelsäure zu ihrer Sättigung 45,58 Naphthalin. Diefs giebt 1641 für das Atomengewicht dieser Substanz.

20 Atome Kohlenstoff	1530,4
16 Atome Wasserstoff	100,0
1 Atom Naphthalin	1630,4.

*) Auf diesen Werth ist immer in dieser und der folgenden Abhandlung das Atomgewicht des Kohlenstoffs reducirt worden. *P.*

Digitized by Google

Die Uebereinstimmung beider Zahlen beweist, dafs das Naphthalin eine vollkommene Aehnlichkeit mit dem gewöhnlichen Doppelt-Kohlenwasserstoff besitzt. Denn bei diesem Gase entspricht jedes Atom vier Volumen, und man wird weiterhin sehen, dafs dieses Verhältnifs die Naphthalin-Verbindungen auf denselben Grad von Einfachheit zurückbringt, welchen Körper von einer weniger verwickelten Zusammensetzung besitzen.

Unter den zahlreichen und merkwürdigen Verbindungen, die verschiedene Körper mit dem Naphthalin eingehen, giebt es eine, die, wegen einer geringen Meinungsverschiedenheit zwischen Hrn. Liebig und mir in Betreff der holländischen Flüssigkeit, meine Aufmerksamkeit ganz besonders in Anspruch genommen hat.

Nach Versuchen, welche ich für entscheidend halte, habe ich angenommen, dafs die holländische Flüssigkeit aus gleichen Volumen Chlor und Doppelt-Kohlenwasserstoff besteht *). Uebereinstimmend mit mir, was das Chlor und den Kohlenstoff betrifft, hat Hr. Liebig vom Wasserstoff ein Sechszehntel weniger gefunden. Mit der Freimüthigkeit, welche dem Talente Ehre macht, bekennt übrigens Hr. Liebig, dafs bei einer Analyse dieser Art die Fehlerquellen gröfser sind als die Unterschiede zwischen unseren Resultaten. Ich meinerseits nehme keinen Anstand einzuräumen, dafs ich die Aufgabe einer neuen Untersuchung würdig halte. Allein beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft glaube ich, dafs von einer genauen Untersuchung des *Chlor-Naphthalins* mehr zu erwarten steht, als von der der holländischen Flüssigkeit; seine Beschaffenheit eignet sich besser zur genauen Analyse.

Bringt man Chlor zum Naphthalin, so macht es letzteres anfangs flüssig, und verbindet sich dann mit ihm; bald aber erstarrt die Materie auf's Neue, und man erhält eine eigenthümliche Verbindung, welche bei der Destillation und bei der Einwirkung von Alkalien Erscheinungen giebt, die weiterhin genauer angeführt werden sollen. Wäh-

*) Ann. Bd. XXIV S. 582. *P.*

rend der Reaction (bei der Bildung des Chlor-Naphthas) wird Chlorwasserstoffsäure entwickelt. Analysirt gab diese Verbindung:

		Berechnet.
Wasserstoff	3,12	2,92
Kohlenstoff	44,69	45,00
Chlor	52,19	52,06
	100,00	100,00.

Das berechnete Resultat beruht auf der Formel: $Cl^2 + C^5 H^4$, welche zwei Volume Chlor und ein Volum Naphthalin vorstellt. Hier sind also zwei Mal mehr Chlor als in der holländischen Flüssigkeit gegen den als Radical dienenden Kohlenwasserstoff vorhanden.

Es fragt sich indefs, ob das Chlor sich mit dem Naphthalin oder mit einem auf dessen Kosten gebildeten weniger wasserstoffhaltigen Stoff verbinde. Sieht man, dafs im Naphthalin Kohlenstoff und Wasserstoff im Verhältnifs von 5 At. zu 4 At. stehen, und dafs man dasselbe Verhältnifs wieder beim Chlor-Naphthalin antrifft, so ist man zu der Annahme geneigt, das Naphthalin verbinde sich unzersetzt mit dem Chlor; allein die Entwicklung von Chlorwasserstoffsäure bei der Bildung dieses Chlorürs setzt diefs einigermafsen in Zweifel. In der ersten Hypothese würde uns diese Analyse ein neues Mittel liefern, das Atomgewicht des Naphthalins zu berechnen. Es würde 1621,6 seyn, während die berechnete Dichte es auf 1630 setzt. Diese Uebereinstimmung würde neben dem Atomengewichte des Naphthalins auch die Schlüsse bestätigen, welche ich geglaubt habe aus meinen Versuchen über die holländische Flüssigkeit zu ziehen.

Indefs, damit man mich nicht mifsverstehe, wiederhole ich, dafs die Analyse dieser Flüssigkeit noch einige Zeit wird problematisch bleiben können, denn auf den Punkt, wohin jetzt die Schwierigkeit gebracht ist, räu-

Digitized by Google

men wir ein, Hr. Liebig und ich, dafs die bekannten analytischen Verfahrungsarten unzulänglich werden.

Das Naphthalin ist also eine Verbindung, welche durch 5 Volume Kohlenstoff und 4 Volume Wasserstoff vorgestellt werden mufs, ungeachtet des Vorbehalts, den man genöthigt ist zu machen, wegen einer noch vorhandenen geringen Unsicherheit im Atomengewichte des Kohlenstoffs, welche einen ziemlich grofsen Einflufs auf die Berechnungen der Verbindungen dieser Art ausübt.

Hr. Laurent hat gezeigt, dafs das Naphthalin fertig gebildet im Steinkohlentheer vorhanden sey, aber von einem Oel gelöst werde, oder vielmehr sich in einer Verbindung befinde, aus der es schwierig und selbst unmöglich ist, dasselbe unmittelbar abzuscheiden. Erst nachdem man den Theer lange Zeit der Luft ausgesetzt hat, wobei er ohne Zweifel Sauerstoff einzieht, wird es leicht, Naphthalin daraus zu gewinnen. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man den Theer oder das Oel, welches derselbe bei der Destillation liefert, mit einem Strom von Chlor behandelt. Es bildet sich eine grofse Menge Chlorwasserstoffsäure, und das Naphthalin wird leicht zu isoliren. Aus der Gesammtheit seiner Versuche ist Herr Laurent zu dem Schlusse geneigt, dafs das Naphthalin wohl fertig gebildet, aber gebunden in der Steinkohle vorkomme.

Hr. Reichenbach hat dagegen aus seinen Versuchen einen ganz entgegengesetzten Schlufs gezogen; allein bei Prüfung seiner Arbeit sieht man, dafs die meisten Resultate derselben eine Revision verlangen, denn er kannte nicht die Mittel, die geeignet sind, das Naphthalin in den öligen Flüssigkeiten, in denen er es aufsuchte, nachzuweisen.

Die Frage über die Präexistenz des Naphthalins in der Steinkohle kann im absoluten Sinn schwierig gelöst werden; allein sie interessirt die Geologie in einem so hohen Grade, dafs man mir verzeihen wird, bei ihr einige

Digitized by Google

Augenblicke verweilt zu haben, besonders wenn man die Analogie erwägt, welche mir scheint zwischen dem Naphthalin und den neuen Substanzen vorhanden zu seyn, die ich nun beschreiben will.

Paranaphthalin. Eine von ihnen, welche ich vorläufig mit dem Namen Paranaphthalin bezeichnen will, ist ein Körper, der das Naphthalin im Steinkohlentheer begleitet. Daraus haben Hr. Laurent und ich ihn dargestellt, und hernach gemeinschaftlich analysirt.

Um eine richtige Idee von den bei Destillation der Steinkohle auftretenden Erscheinungen zu geben, bedürfte man Kenntnisse, welche man bei weitem noch nicht in der organischen Chemie besitzt. Wir führen daher nur so viel an, als zur erfolgreichen Wiederholung unserer Versuche nöthig ist.

Man kann die Destillation der Steinkohle in vier wohl geschiedene Epochen eintheilen. In der ersten erhält man eine ölige Substanz, welche viel reines Naphthalin liefert. In der zweiten ist das Product auch noch ölig, aber es liefert nun Naphthalin und Paranaphthalin, welche man mittelst Alkohol von einander trennen kann. In der dritten ist das Destillat zähe; es enthält gewissermafsen nur Paranaphthalin, allein in Begleitung einer schmierigen Substanz, durch welche dessen Reinigung sehr schwierig wird. In der vierten Periode endlich unterscheidet sich das Product nur dadurch von dem vorhergehenden, dafs es von einer rothgelben oder orangefarbenen Substanz begleitet wird, die sich bei allen Destillationen dieser Art gegen das Ende zeigt.

Um das Paranaphthalin aus dem zweiten dieser Destillate abzuscheiden, braucht man es nur bis —10° C. zu erkälten. Es sondert sich dann in krystallinischen Körnern ab, welche man in Leinwand auspreſst, und darauf mit Alkohol behandelt, der den Rest der öligen Substanz, so wie das Naphthalin, auflöst, und dagegen fast alles Paranaphthalin zurückläſst. Man unterwirft das Paranaph-

thalin alsdann zwei bis drei Destillationen, wodurch man es sehr rein erhält.

Das dritte und vierte Destillat erfordern eine andere Behandlungsart. Man löst sie in möglichst wenig Terpenthinöl, und setzt diese Lösung einer Temperatur von — 10° C. aus *). Dabei krystallisirt das Paranaphthalin heraus und läfst sich nun leicht mittelst Leinwand absondern. Ausgedrückt und mit Alkohol gewaschen, kann man es durch zweckmäfsige Destillationen reinigen.

So gereinigt schmilzt das Paranaphthalin erst bei 180° C., während das Naphthalin schon bei 79° C. in Flufs geräth. Es siedet bei einer Temperatur oberhalb 300° C., das Naphthalin dagegen schon bei 212°.

Das Paranaphthalin kann ohne Veränderung destillirt werden, wenigstens vermindert sich der kohlige Rückstand, den es anfangs hinterläfst, bei jeder neuen Destillation bis zu dem Grade, dafs er fast unwägbar wird. Es läfst sich, ehe es schmilzt, leicht sublimiren, und verdichtet sich zu blättrigen Krystallen, ohne bestimmbare Gestalt.

Das Paranaphthalin ist unlöslich in Wasser, kaum löslich in Alkohol, selbst nicht in siedendem, und fällt daraus in Flocken nieder. Hiedurch unterscheidet es sich sehr leicht vom Naphthalin, das reichlich in siedendem Alkohol löslich ist, und daraus in voluminösen Krystallen niederfällt. Aether verhält sich wie Alkohol. Das beste Lösemittel des Paranaphthalins ist Terpenthinöl.

Concentrirte Schwefelsäure löst in der Hitze das Paranaphthalin, und nimmt dabei eine schmutziggrüne Farbe an, wahrscheinlich wegen leichter Spuren von der orangefarbenen Substanz, die dasselbe immer begleitet. Für sich färbt die orangenrothe Substanz die Schwefelsäure

*) Man löst das Paranaphthalin zuvor in Terpenthinöl, damit es in etwas harten Körnern krystallisiren könne; ohne diese Vorsicht würde es durch Auspressen nicht von der öligen Substanz zu trennen seyn.

Digitized by

gelb; es ist daher nicht unmöglich, dafs das Paranaphthalin für sich der Schwefelsäure eine blaue Farbe ertheile.

Salpetersäure wirkt sehr merkwürdig auf das Paranaphthalin; sie greift dasselbe unter reichlicher Entwicklung von salpetrigen Dämpfen an, und hinterläfst einen Rückstand, der, wenigstens theilweise, in unregelmäfsig geformten Nadeln sublimirt.

Wir haben das Paranaphthalin mehrmals analysirt, und um zu sehen, ob seine Zusammensetzung beständig sey, nach der Analyse abermaligen Destillationen unterworfen. Hier die Resultate von vier übereinstimmenden Analysen, die von denen des Naphthalins in Nichts abweichen, oder sich wenigstens durch keine andere Formel, als durch die für das letztere, ausdrücken lassen.

	Paranaphthalin.	Kohlensäure.	Wasser.
I.	0,400	1,350	0,215
II.	0,400	1,355	0,210
III.	0,400	1,356	0,229

	I.	II.	III.
Kohlenstoff	93,38	93,73	93,80
Wasserstoff	5,96	5,82	6,37
	99,34	99,65	100,19.

Bei einer vierten Analyse, bei der man die angewandte Substanz nicht wägte, wurden erhalten: 1,335 Kohlensäure und 0,222 Wasser. Diefs giebt:

Kohlenstoff	93,8
Wasserstoff	6,2
	100,0.

Nach diesen Zahlen finden sich Kohlenstoff und Wasserstoff in dem Verhältnisse 5 At. zu 4,04 At. vereinigt, d. h. in dem Verhältnifs 5 At. zu 4 At. wie beim Naphthalin.

Zur vollständigen Kenntnifs des Paranaphthalins be-

Digitized by Google

durften noch der Bestimmung seines Atomengewichts und der der Dichte seines Dampfs. Die Menge der Substanz, die wir uns bis jetzt verschaffen konnten, reichte indeſs noch nicht hin, um uns mit seinem Atomengewichte zu befassen; allein wir haben die Dichte seines Dampfs genommen.

Da das Paranaphthalin erst oberhalb der Siedhitze des Quecksilbers siedet, so hatte dieser Versuch einige Schwierigkeit. Man muſste Luftthermometer anwenden, und hatte zu fürchten, daſs man die Temperatur zu viel oder zu wenig erhöhen werde. Der Ballon wurde nicht eher zugeschmolzen, als bis die Dampfentwicklung vollständig beendet war.

Hier die Resultate: Gewicht des Dampfs =0,677 Gramm. Raumgehalt des Ballons =180 C. C. Barometer =0,751 Meter. Thermometer =12°,5 C. Luftthermometer: Höhe des Quecksilbers =0,116 Meter. Eingetretenes Quecksilber =28,835; gesammtes Quecksilber =62,520. Die Temperatur war also auf 450° C. gebracht worden.

Hienach wiegt der Liter Paranaphthalindampf, auf 0° und $0^{m},76$ reducirt, 8,758 Grm., und seine Dichtigkeit wird =6,741. Nimmt man

$7\frac{1}{2}$	Volume Kohlenstoffdampf	=6,3195
6	Volume Wasserstoffgas	=0,4128
	so findet man	6,7323

eine mit dem Versuch übereinstimmende Zahl.

Das Paranaphthalin ist also isomer mit dem Naphthalin; allein drei Volume Naphthalin stellen nur zwei Volume Paranaphthalin vor.

Diese Verdichtung stimmt mit dem Unterschiede der Flüchtigkeit beider Substanzen. Das Paranaphthalin ist weniger schmelzbar, weniger flüchtig und mehr verdichtet als das Naphthalin, oder giebt einen dichteren Dampf als letzteres. Diese Beziehung ist, bis auf einige Aus-

nahmen, so allgemein, dafs man wohl davon eine neue Anwendung machen könnte.

Das Paranaphthalin und das Naphthalin, das gewöhnliche Doppel-Kohlenwasserstoff und Hrn. Faraday's Carburet *) sind die einzigen flüchtigen isomeren Substanzen, deren Dichtigkeit in Dampfgestalt man verglichen hat.

Diese beiden Fälle von Isomerie bieten eine Eigenthümlichkeit dar, welche in Zukunft wohl eins der allgemeinsten Kennzeichen der Isomerie abgeben könnte. Bei Hrn. Faraday's Kohlenwasserstoff ist nämlich die Verdichtung doppelt so grofs als beim ölbildenden Gase, d. h. die Molecüle des Kohlenstoffs und Wasserstoffs stehen zwar in demselben Verhältnisse, wie bei letzterem Gase, sind aber in doppelt so grofser Anzahl vorhanden. Dieser Umstand reicht hin zu erklären, wie die beiden Substanzen von einander verschieden seyn können.

Im Paranaphthalin sind anderthalb Mal so viel Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atome als bei gleichem Volume im Naphthalin vorhanden; diefs reicht ebenfalls hin, die Verschiedenheit der Eigenschaften dieser Substanzen bei Gleichheit ihrer Zusammensetzung zu erklären.

Idrialin. Die dritte Substanz, deren Eigenschaften ich hier beschreiben will, ist den Mineralogen schon durch eine Anzeige von Hrn. Payssé bekannt. Bei Beschreibung der verschiedenen Minerale aus dem Quecksilberbergwerk zu Idria erwähnt dieser Chemiker eines, das die Eigenschaft besitzt, bei Erhitzung eine Menge Krystallschüppchen zu liefern. Das, vermuthlich in Idria sehr gemeine, Mineral ist in Paris sehr selten, und ich habe in der reichen Mineralsammlung der École des Mines nur ein Stück gefunden, das man mir zu untersuchen er-

*) Man sehe die Anmerkung in Betreff dieser Nomenclatur in der folgenden Abhandlung. — H. Rose's Arbeit über die Phosphorwasserstoffgase (Ann. Bd. XXIV S. 109) scheint Hrn. Dumas noch unbekannt zu seyn. *P.*

Digitized by Google

laubte. Der Jardin du Roi besitzt ebenfalls blofs ein Stück, von welchem man nur einige Stückchen ablösen konnte. Glücklich genug fand ich in der Sammlung der Polytechnischen Schule zwei Exemplare, die mich in den Stand setzten, einige Versuche zu unternehmen. Chemiker, die besser als ich gestellt sind, werden sie ohne Zweifel vervollständigen.

Die drei Stücke, die mir zu Gebote standen, waren im Ansehen wenig verschieden. Sie sahen, ungeachtet ihrer bräunlichen Farbe, wie Steinkohle aus. Eins von ihnen enthielt kein Quecksilber, die beiden anderen Spuren. Alle drei geriethen bei gelinder Erhitzung in einer an beiden Enden offnen Röhre in Flufs und liefsen einen krystallinischen Staub sehr reichlich entweichen. Dieser Staub stellte krumme Blättchen ohne bestimmbare Form dar, war ungemein leicht und ohne Farbe. Diefs ist der neue Kohlenwasserstoff, dem ich vorläufig den Namen *Idriàlin* gebe.

Um das Idrialin zu erhalten, mufs man ganz besondere Vorsichtsmafsregeln anwenden, denn diese Substanz ist nicht unzersetzt zu verflüchtigen, wie das Naphthalin und Paranaphthalin. Es verflüchtigt sich ohne Zersetzung eben so wenig im Vacuo wie in einem Gasstrom. Folgendermafsen habe ich es ausgezogen.

Das zerkleinerte Mineral brachte ich in eine tubulirte Glasretorte, deren aufrecht gestellter Hals in eine lange und enge Eprouvette reichte, und leitete nun einen Strom von Kohlensäure (durch den Tubulus) in die Retorte. Bei stufenweiser Erhitzung dieser, trat das Mineral in Flufs, siedete und lieferte anfangs Quecksilberdämpfe, und dann eine Menge Idrialin. Bei Fortsetzung dieser Operation entwickelte sich diese Substanz fortwährend bis zu Ende, ohne dafs die kleinste Spur von Wasser, Bitumen oder Oel erschienen wäre.

Um das Idrialin von dem zwischen seinen Flocken eingesprengten Quecksilber zu befreien, wurde es in recht

Digitized by Google

reinem, siedendem Terpenthinöl gelöst. Beim Erkalten schied es sich aus diesem so schnell ab, daſs die Masse fast in einem Augenblick gestand. Mittelst des Filtrums und nachherigen Ausdrücken zwischen Josephspapier wurde es gereinigt.

Das Idrialin ist, wie man sieht, flüchtig, ist es aber nicht ohne Zersetzung. Versucht man es zu destilliren, so verliert man wenigstens neun Zehntel, selbst wenn man im Vacuo oder einem Strom von Kohlensäure arbeitet. Das Idrialin ist auch schmelzbar; allein es schmilzt erst in einer so hohen Temperatur, daſs man es kaum ohne Zersetzung in Fluſs bringen kann.

Das Idrialin ist in Wasser, selbst in siedendem, nicht merklich löslich; kaum löst es sich beim Sieden in Alkohol und Aether. Das einzige mir bekannte Lösemittel ist Terpenthinöl; indeſs löst es sich in diesem erst beim Sieden, und fällt daraus beim Erkalten fast gänzlich heraus.

Schon diese Kennzeichen reichen hin, das Idrialin von allen bekannten Kohlenwasserstoff-Arten zu unterscheiden; allein die Wirkung, welche die Schwefelsäure auf dasselbe ausübt, ist so merkwürdig, daſs man dadurch die geringsten Spuren desselben auffinden kann. Erhitzt man das Idrialin nämlich mit Schwefelsäure, so wird es gelöst, und diese nimmt eine schöne blaue Farbe an, ähnlich der des schwefelsauren Indigo's.

Es stand mir so wenig Idrialin zu Gebote, daſs ich zu der Analyse nur eine sehr geringe Menge aufopfern konnte; indeſs ist es für mich nicht zweifelhaft, daſs dasselbe ein Kohlenwasserstoff sey, gänzlich frei von Sauerstoff. Nachdem ich mich hievon überzeugt hatte, stellte ich eine Analyse an, bei der ich das Wasser und die Kohlensäure mit der gröſsten Sorgfalt auffing. Ich bekam 0,080 Wasser und 0,594 Kohlensäure, entsprechend:

Kohlenstoff	164,35	94,9
Wasserstoff	8,88	5,1
	173,23	100,0

was

was für das Idrialin die Zusammensetzung 3 At. Kohlenstoff und 2 At. Wasserstoff geben würde.

Die Leichtigkeit, mit der sich das Idrialin aus dem erwähnten Quecksilbererze entwickelt, läfst glauben, dafs es gebildet darin vorhanden sey, und diese Vermuthung findet man gewifs gegründet, erwägt man, dafs es daraus für sich und rein entweicht, ohne Theer, ohne Oel und ohne anderes Gas als ein wenig Schwefelwasserstoffgas, das von zersetztem Schwefelquecksilber herrührt. Indefs, da ich nun einmal diese Frage entscheiden wollte, stellte ich die nachstehenden Versuche an, und zwar mit vollem Erfolg.

Siedendes Terpenthinöl zog nämlich aus dem gepülverten Minerale etwas Idrialin, das es beim Verdampfen in Krystallen absetzte. Auch Alkohol sogar belud sich, beim Sieden, mit dem Minerale mit Idrialin; denn man brauchte ihn nachher nur zu filtriren und abzudampfen, wo er dann perlmutterartige Schüppchen absetzte, die, nachdem sie mit etwas kaltem Wasser gewaschen worden waren, heifser Schwefelsäure sogleich die schöne blaue Farbe gaben, welche das Idrialin mit dieser Säure entwickelt. Ohne Zweifel würde Aether sich eben so verhalten haben; allein ich mufste das Wenige vom Mineral, das mir noch übrig blieb, für die Commissäre der Academie zurücklegen, damit sie diesen entscheidenden Versuch wiederholen könnten.

Alle diese Resultate machen die Präexistenz des Idrialins im Minerale von Idria so wahrscheinlich, dafs ich es für möglicher als je halte, dafs das Naphthalin ebenfalls fertig gebildet in der Steinkohle vorkomme. Die Versuche des Hrn. Reichenbach können diese Ansicht nicht entkräften. Hr. R. stützt sich nämlich besonders auf die von ihm bei der Destillation verschiedener Pflanzenstoffe bemerkte Erzeugung von Naphthalin; allein es wäre wohl möglich, dafs das Naphthalin, ohne gerade einen Bestandtheil der späterhin die Steinkohle liefernden

Pflanzen ausgemacht zu haben, unter den geologischen Einflüssen zugleich mit der Steinkohle gebildet worden wäre.

III. *Ueber die kampherartigen Pflanzenstoffe und über einige ätherische Oele;*
von Hrn. J. Dumas.

(*Ann. chim. et de phys. T. L p.* 225.)

Die Familie der ätherischen Oele zerfällt in mehre Gruppen. Die erste umfaſst die bloſs aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden, wie das Citronenöl, das Terpenthinöl und die Naphtha; die zweite begreift die sauerstoffhaltigen, wie den Kampher, das Anisöl und mehre andere; in die dritte gehören diejenigen Oele, welche noch ein Element in ihre Zusammensetzung aufnehmen, z. B. das Senföl, welches Schwefel enthält, das Bittermandelöl, welches Stickstoff einschlieſst *).

Die Beziehungen der ätherischen Oele zu den Kohlenwasserstoffarten, deren allgemeine Untersuchungen ich unternommen, haben mich veranlaſst diejenigen dieser Oele zu untersuchen, die einen bestimmten Charakter besitzen, und deshalb zuverlässige Resultate versprechen. Besonders sind es die krystallisirbaren dieser Oele, welche Gegenstand meiner Untersuchung ausmachten. Diese umfaſst den gewöhnlichen Kampher, das Anisöl und das krystallisirte Pfeffermünzöl.

Der Kampher ist bereits von mehren Chemikern untersucht, unter andern von Hrn. Liebig **), dessen Talent und Genauigkeit bekannt sind. Da zwischen seiner und meiner Analyse ein Unterschied besteht, der ungeachtet seiner Kleinheit hinreichend ist, die Formel für die Zusammensetzung des Kamphers abzuändern, so zweifelte

*) Wohl nicht als wesentlichen Bestandtheil; siehe S. 328 d. Bd. P.

**) Vergl. diese Ann. Bd. XX S. 41. P.

Digitized by Google

ich anfangs an der Richtigkeit der meinigen. Sobald ich daher die Analyse des Hrn. Liebig kennen lernte, stellte ich die meinige abermals an, und liefs sie auch durch die HH. Jacquelin und Laurent, zwei meiner, in dieser Gattung von Analysen sehr geübten, Zöglinge, wiederholen. Sie waren unbekannt mit meinen Resultaten, stimmten aber dennoch bei ihren verschiedenen Versuchen mit mir überein.

In der Besorgnifs, der käufliche Kampher möge irgend eine Verfälschung erlitten haben, traf ich die Vorsicht, aus der Mitte eines Kampherbrotes isolirte, sehr schöne und sehr voluminöse Krystalle auszulesen. Diese unterwarf ich der Analyse, und fand immer dieselben Resultate, nämlich, dafs der Kampher etwas mehr Wasserstoff und etwas weniger Kohlenstoff enthält, als Hr. Liebig darin gefunden hat. Hier die Data der Analysen:

	Kampher.	Kohlensäure.	Wasser.
I.	0,400	1,135	0,373
II.	0,400	1,158	0,380
III.	0,400	1,135	0,365
IV.	0,439		0,412
V.	0,406	1,167	0,383

Auf Hundertel reducirt, geben diese Resultate:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	78,51	80,10	78,51		79,50
Wasserstoff	10,35	10,52	10,12	10,41	10,46
Sauerstoff	11,14	9,38	11,37		10,04
	100,00	100,00	100,00		100,00.

Berechnet man die Zusammensetzung des Kamphers nach der Formel $C^5 H^8 O^{\frac{1}{2}}$, so ergiebt sich *):

C^5	382,6	79,28
H^8	50,0	10,36
$O^{\frac{1}{2}}$	50,0	10,36.

Diefs stimmt so gut mit dem Resultat der Versuche,

*) C immer = 76,437 genommen.

als man es nur bei einer Analyse dieser Art erwarten kann, denn der Kampher ist eine schwer zu verbrennende Substanz.

Ich habe auch die Dichtigkeit des Kampherdampfs bestimmt, und folgende Resultate erhalten:

Gewicht des Ballons voll Luft	55,443 Grm.
Gewicht des Ballons voll Dampf	56,174 Grm.
Luftdruck	0,7667 Met.
Temperatur des Dampfs	230° C. Quecks. Therm.
Raumgehalt des Ballons	273 Cubikcentim.
Temperatur der Luft	15° C.

Hieraus ergiebt sich das Gewicht eines Liter Kampherdampfs =7,103 Grm. und seine Dichtigkeit =5,468.

Nach der Analyse wäre der Kampher zu betrachten als bestehend aus einem Volum Kamphogen *) und einem halben Volumen Sauerstoff. Diefs gäbe für die Dichtigkeit des Dampfs:

Ein Vol. Kamphogen	=4,7634
Ein halb. Vol. Sauerstoff	=0,5513
	5,3147

eine Zahl, die so wenig von der vorherigen abweicht, als dafs man die Zusammensetzung des Kamphers anders ausdrücken könnte.

Proust hat zuerst behauptet, es sey Kampher in dem Oele des Lavendels und einiger anderen Labiaceen vorhanden. In neuerer Zeit ist diefs bezweifelt worden, indem man gesehen hat, dafs alle ätherischen Oele, bei langer Aussetzung der Luft, analoge Krystalle wie der Kampher absetzen.

Begierig den Lavendelkampher, der in der Sammlung des Collége de France aufbewahrt wird, mit dem gewöhnlichen Kampher zu vergleichen, habe ich ihn analysirt. 0,400 desselben gaben 0,377 Wasser und 1,146 Kohlensäure, oder:

*) Diese Ann. Bd. XXIV S. 580. *P.*

Kohlenstoff	79,27
Wasserstoff	10,46
Sauerstoff	10,27
	100,00.

d. h. genau dieselben Resultate wie der Kampher.

Obgleich ich meine Versuche über den Körper, welchen ich Kamphogen genannt, noch nicht beendet habe, so ist es doch zum Verständnifs dieser Abhandlung nothwendig, Einiges aus ihnen mitzutheilen.

Es giebt einen Kohlenwasserstoff, bestehend aus 5 Volumen Kohle und 8 Volumen Wasserstoff. Dieser Kohlenwasserstoff verbindet sich mit Chlorwasserstoff, und bildet einen starren Aether, bestehend aus gleichen Volumen Säure und Base, der unter dem Namen künstlicher Kampher bekannt ist. Zwei Volume dieses Kohlenwasserstoffs bilden mit 5 Volumen Sauerstoff die Kamphersäure.

Er bildet viele andere, theils neue, theils bekannte Verbindungen; allein die eben erwähnten sind hinreichend zu zeigen, dafs das Kamphogen, gleich dem Cyan, sich zu oxydiren vermag, und, wie der Doppelt-Kohlenwasserstoff, die Kennzeichen einer säuresättigenden Base besitzt.

Das Kamphogen ist von Hrn. Oppermann *) aus dem künstlichen Kampher gezogen worden, indem er diesen durch Aetzkalk zersetzte. Diefs Verfahren ist langwierig, und wird durch die weiterhin angeführten Resultate überflüssig. Es indefs sehr auffallend und sehr belehrend zu sehen, dafs der Kohlenwasserstoff, welcher im künstlichen Kampher an Chlorwasserstoffsäure gebunden vorhanden ist, ohne Veränderung durch Basen abgeschieden, und darauf auf's Neue mit Chlorwasserstoffsäure zu künstlichem Kampher verbunden werden kann. Diese Art von Analysen und Synthesen sind in der organischen

*) Diese Ann. Bd. XXII (98) S. 206. *P.*

Digitized by Google

Chemie noch ziemlich selten, und verdienen daher hervorgehoben zu werden.

Die Möglichkeit, das Kamphogen in grofser Menge und ohne Schwierigkeit darzustellen, ist Folge eines aufmerksamen Studiums der verschiedenen im Handel vorkommenden Sorten von Terpenthinöl. Diefs Oel hat unter den Händen der verschiedenen Chemiker, die es untersuchten, so abweichende Resultate gegeben, dafs ich nicht glauben kann, die Widersprüche rühren von Beobachtungsfehlern her. Ich glaube vielmehr, dafs die im Handel vorkommenden Terpenthinöle verschieden sind nach der Baumart, aus der sie gewonnen wurden.

So z. B. haben die HH. de Saussure und Houtou-Labillardière keinen Sauerstoff im Terpenthinöl gefunden, Ure und Oppermann *) aber 4 bis 5 Proc. Andererseits haben die Chemiker, welche das Terpenthinöl in künstlichen Kampher zu verwandeln suchten, nicht weniger abweichende Resultate erhalten. Einige sagen, das Oel gebe ein Viertel seines Gewichts an Kampher, Andere ein Drittel, noch Andere die Hälfte. Hr. Thénard endlich, der diesen Versuch mit besonderer Sorgfalt anstellte, hat gefunden, dafs 100 Oel 110 künstlichen Kampher geben, ein Resultat, welches dem sehr nahe kommt, welches die aus meinen eigenen Versuchen sich ergebende Theorie nachweist.

In der That habe ich keinen Sauerstoff im Terpenthinöl gefunden, vielmehr: dafs es dieselbe Zusammensetzung wie das Kamphogen hat, und dafs die Dichtigkeit seines Dampfs mit diesem Resultate übereinstimmt. Darnach müssen 100 Th. eines solchen Oels etwa 120 künstlichen Kamphers geben.

Das von mir analysirte Terpenthinöl war drei Mal bei mäfsigem Feuer übergezogen, und darauf drei Tage lang mit geschmolzenem Chlorcalcium in Berührung gelassen. Es war farblos und verdampfte ohne Rückstand.

*) Diese Ann. Bd. XXII S. 193. *P.*

Digitized by Google

Bei mehrtägiger Berührung mit Kalium lieferte es kein Gas, sondern nur einige braune Flocken; aber fast die Gesammtheit des Kaliums blieb unangegriffen.

0,398 Terpenthinöl lieferten 1,272 Kohlensäure und 0,415 Wasser. Diefs giebt:

88,4	Kohle
11,6	Wasserstoff
100,0	

was mit der Zusammensetzung des Kamphogens übereinstimmt, da letzteres enthält:

Kohle	5 Vol.	382,6	88,5
Wasserstoff	8 Vol.	50,0	11,5
		432,6	100,0.

Die Dichtigkeit des Dampfs dieses Oels fand sich, nach mehreren Wägungen, =4,765 bis 4,764, was sehr gut mit der Analyse stimmt, da

5 Vol. Kohlendampf	=4,213
8 Vol. Wasserstoff	=0,550
	4,763.

Mithin giebt es unter den Terpenthinölsorten eine, wahrscheinlich aus Savoyen oder einigen Theilen der Schweiz herstammende, welche die Zusammensetzung des Kamphogens besitzt. Das in Deutschland und England analysirte ist wahrscheinlich anderen Ursprungs.

Nachdem die Existenz einer Verbindung von 5 Vol. Kohle und 8 Vol. Wasserstoff, verdichtet zu *einem* Volum, erwiesen ist, sieht man, dafs der gemeine Kampher als ein Oxyd dieses Körpers betrachtet werden kann.

Ein Volum Kamphogen und 0,5 Volum Sauerstoff würden also gemeinen Kampher bilden. Wenn gleich diefs Resultat erst dann unzweifelhaft seyn wird, sobald es gelingt, das Terpenthinöl in gemeinen Kampher zu verwandeln, so zeigen doch diese Analysen und Vergleiche

Digitized by Google

den Weg, welchen man einschlagen mufs, um dahin zu gelangen.

Ich werde jetzt zwei Körper untersuchen, welche die gröfste Analogie mit dem Kampher haben.

Seit langer Zeit gebraucht man in den Apotheken und Conditoreien das *Pfeffermünzöl.* Das in Europa bereitete bleibt selbst bei ziemlich niederen Temperaturen flüssig. Der Ausbruch der Cholera und der dadurch bewirkte grofse Verbrauch von diesem Oel hat veranlafst, dafs eine beträchtliche Menge Pfeffermünzöls aus America eingeführt worden ist.

Dieses besitzt die Eigenschaft, in einer nahe bei 0° liegenden Temperatur zu erstarren, und dabei prismatische Krystalle zu liefern, welche leicht von der überschüssigen Flüssigkeit abzusondern sind.

Diese Krystalle, nachdem man sie zwischen Josephspapier ausgedrückt hat, besitzen folgende Eigenschaften: Sie sind farblos, schmecken und riechen in hohem Grade wie Pfeffermünzöl, schmelzen bei 25° C., krystallisiren beim Erkalten abermals ohne Rückstand, und verflüchtigen sich unzersetzt, lösen sich wenig in Wasser, wohl aber in Alkohol, Aether und Oelen.

0,400 dieser Krystalle lieferten 0,472 Wasser und 1,122 Kohlensäure, das heifst:

Kohle	77,61	übereinstimmend mit	C^5	=77,3
Wasserstoff	13,09		H^{10}	=12,6
Sauerstoff	9,30		$O^{\frac{1}{2}}$	=10,1
	100,00			100,0.

Mithin ist der Pfeffermünz-Kampher, wenn man sich so ausdrücken kann, darin vom gemeinen Kampher verschieden, dafs er zwei Volume Wasserstoff mehr als letzterer enthält.

Bekanntlich zerfällt das *Anisöl* beim Erstarren in zwei Theile. Ich habe den starren durch wiederholtes Auspressen abgesondert und analysirt. Die Resultate

Digitized by Google

waren, dafs 0,400 dieser Substanz 0,298 Wasser und 1,176 Kohlensäure geben, das heifst:

Kohle	81,35	überein-	C^5	=81,40
Wasserstoff	8,26	stimmend	H^6	= 7,98
Sauerstoff	10,39	mit	$O^{\frac{1}{2}}$	=10,62

woraus ersichtlich, dafs der Aniskampher zwei Volume Wasserstoff weniger als der gemeine Kampher enthält.

Diese sonderbare Uebereinstimmung der Formeln bringt mich auf den Gedanken, und berechtigt mich vielleicht zu sagen, dafs die ätherischen Oele Verbindungen von Kohle und Wasserstoff sind, die durch ihre Oxydation die Kamphersorten hervorbringen. Diese Vermuthung würde erwiesen seyn, wenn es wahr wäre, was man jetzt gemeiniglich annimmt, dafs die ätherischen Oele sämmtlich, bei Aufbewahrung in schlecht verschlossenen Gefäfsen, also in Berührung mit der Luft, die Eigenschaft erlangen, beim Erkalten analoge Krystalle, wie ich untersucht habe, abzusetzen. Diese unvollständige Oxydation der ätherischen Oele mufs nicht mit einer andern Oxydation verwechselt werden, welche sie erleiden, wenn sie in dünnen Schichten mit vieler Luft in Berührung stehen. Sie verwandeln sich dabei in Harze. Ich werde zeigen, dafs diese Umwandlung auf einer blofsen Sauerstoffabsorption beruht, und dafs die Harze dieselben Radicale und nur mehr Sauerstoff als der Kampher einschliefsen, wodurch sie zu Säuren werden. Die vortreffliche Analyse des Colophons von den HH. Gay-Lussac und Thénard könnte diefs schon beweisen.

Aus diesen Untersuchungen scheint hervorzugehen, dafs die Kampher-Arten Oxyde von verschiedenen Kohlenwasserstoffen sind, die durch sehr einfache Zusammensetzungsverhältnisse sich an einander reihen. Man hat nämlich:

$C^5 H^{10} O^{\frac{1}{2}}$ = starres Pfeffermünzöl
$C^5 H^8 O^{\frac{1}{2}}$ = gemeiner Kampher

$C^5 H^6 O^{\frac{1}{2}}$ = starres Anisöl
$C^5 H^4$ = Naphthalin.

Die Verbindung $C^5 H^8$ ist im reinen Zustand bekannt, constituirt nämlich das gemeine Terpenthinöl. Dagegen bleibt der dem Naphthalin entsprechende Kampher noch zu entdecken.

Gewöhnlich betrachtet man die ätherischen Oele als sehr variable Verbindungen. Ohne gerade diese Meinung bestimmt zu widersprechen, bin ich doch geneigt zu glauben, dafs die Variationen, die man bei diesen Körpern bemerkt hat, meistens hervorgehen aus einer Absorption von Sauerstoff, der einen verschiedenen Einflufs ausübt, je nachdem er trocken oder unter Mitwirkung von Wasser absorbirt worden ist. Die ätherischen Oele mufsten, je nachdem sie rein oder auf diese beiden Arten verändert waren, den Chemikern abweichende Resultate geben. Ein aufmerksameres Studium, indem es die Mittel zur Trennung der durch die Sauerstoffwirkung gebildeten Körper von dem unveränderten ätherischen Oele liefert, wird bald für diese Substanzen die Einfachheit nachweisen, welche schon mehre Gruppen organischer Stoffe darbieten.

Ich habe vorhin der Analyse des Terpenthinöls erwähnt. Sie zeigt, dafs das von Hrn. Houtou-Labillardière, das von Hrn. de Saussure, und das von mir selbst analysirte eine Beständigkeit in der Zusammensetzung und den Eigenschaften darboten, welche einer Substanz von festem Mischungsverhältnisse zukommen.

Von ätherischen Oelen, die blofs aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, kennt man bis jetzt nur das Citronenöl, die Naphtha und das starre Rosenöl. Das letztere habe ich mir noch nicht in hinreichender Menge zur Analyse verschaffen können; allein mit den andern habe ich mich beschäftigt.

Vollkommen farbloses *Citronenöl* gab mir bei der

Analyse folgende Resultate. 0,303 desselben lieferten 0,969 Kohlensäure und 0,312 Wasser, also:

Kohle	88,45
Wasserstoff	11,46
	99,9

d. h. genau die Zusammensetzung des Terpenthinöls. Das Resultat weicht kaum von dem von Hrn. de Saussure bekannt gemachten ab.

Ich habe mir vorgenommen, die Eigenschaften des Citronenöls sorgfältig zu untersuchen *); denn wenn diefs Oel wirklich isomerisch mit dem Terpenthinöl ist, wird ein aufmerksames Studium seiner Eigenschaften zu interessanten Resultaten führen.

Um die Reihe der flüssigen Kohlenwasserstoffe zu vervollständigen, bleibt mir noch Einiges über die unlösliche Naphtha zu sagen übrig.

In meiner letzten Abhandlung (S. 521 dieses Hefts) habe ich gezeigt, dafs es möglich sey, aus der Kenntnifs der drei Kohlenwasserstoff-Arten: Naphthalin, Paranaphthalin und Idrialin, einige interessante Folgerungen für die Geologie abzuleiten. Hier will ich nun zeigen, dafs die Naphtha, eine der verbreitesten und wichtigsten Substanzen dieser Art, zu Beobachtungen gleicher Natur führen könne.

Unter den bituminösen Producten des Mineralreichs müssen die Naphtha und das Petroleum, Varietäten derselben Art, in einen besondern Rang gestellt werden. Denn diese Substanzen zeigen sich an sehr entfernt liegenden Orten immer von gleicher Beschaffenheit; seit undenklicher Zeit gewinnt man sie an gewissen Orten, und ihre Bildung scheint mit der des Kochsalzes verknüpft, denn fast immer werden sie von diesem begleitet.

Bis jetzt hat man über die Bildung der Naphtha nur

*) Besonders wäre wohl zunächst die Dichte des Citronenöl-Dampfs zu bestimmen. *P.*

wilde Hypothesen. Ich glaube beweisen zu können, dafs man es unter sehr einfachen Verhältnissen schon künstlich bildet, und bin der Meinung, dafs es bei vielen ähnlichen Gelegenheiten eben so der Fall seyn wird.

Wenn man gewöhnliches Oel durch Erhitzung zersetzt, um Gas zur Beleuchtung daraus zu bereiten, so verwandelt es sich theils in permanentes Gas, theils in verschiedene flüchtige Verbindungen, welche als Dampf diese Gase begleiten. Comprimirt man diese Gase, wie man es seit einigen Jahren bei den tragbaren Gaslampen thut, so werden die ihnen beigemengten Dämpfe flüssig. Aus der so erhaltenen Flüssigkeit zog Hr. Faraday bei sorgfältiger Untersuchung eine mit dem gewöhnlichen Doppelt-Kohlenwasserstoff isomerische Verbindung, eine besondere Verbindung, welche ein Vierfach-Kohlenwasserstoff (*bicarbure d'hydrogène*) *) zu seyn scheint, und endlich eine dritte Verbindung, welche in gröfster Menge zugegen war, und ich für einerlei mit der Naphtha halte.

In der That siedet dieses Oel-Product bei 85°,5 C., und die Naphtha bei 85°,5; ersteres hat in Dampfgestalt das specifische Gewicht 2,96, die Naphtha 2,83. Beide zeigen gleiche Reactionen. Es sind also alle Gründe da, um sie zu vereinigen, und keine, um sie zu unterscheiden. (Vergl. diese Ann. Bd. V (81) S. 315. *P.*)

Diese Einerleiheit hat mich bewogen, einige Versuche über die Naphtha anzustellen, um deren Natur ge-

*) Diese Verbindung, welche auch Hr. Faraday Bicarburet nennt, würde nach unserer Terminologie, zufolge welcher das von den Engländern nicht als eigenthümliche Verbindung angesehene Sumpfgas ($H^2 C\frac{1}{2}$ verdichtet zu einem Volume) als einfaches Carburet betrachtet wird, ein Quadricarburet seyn; denn sie besteht aus 3 Vol. C und 3 Vol. H, verdichtet zu *einem* Vol.; die mit dem ölbildenden Gase isomerische Verbindung (welche Hr. Faraday Carburet nennt) besteht aus 2 Vol. C und 4 Vol. H, verdichtet zu *einem* Volume. Man vergleiche darüber diese Ann. Bd. V S. 303, und Bd. XVII S. 532. *P.*

Digitized by Google

hörig festzustellen. Nach Hrn. Faraday besteht die künstliche Naphtha aus 3 At. Kohle (C=76; *P.*) und 4 At. Wasserstoff. Diese Zusammensetzung erschien mir anfangs wahrscheinlicher als die, welche Hr. Th. de Saussure für die natürliche Naphtha angiebt, nämlich 3 At. Kohlenstoff und 5 At. Wasserstoff.

Indeſs bemerkt Hr. Faraday, daſs seine Naphtha nicht gänzlich vom Quadricarburet befreit werden konnte, und daſs dieſs ihren Kohlenstoff vermehren und ihren Wasserstoff vermindern muſste.

Ich habe daher die natürliche Naphtha abermals untersucht. Die von mir angewandte hatte lange über Kalium gestanden, sie war vollkommen durchsichtig und farblos. 0,349 derselben gaben 1,090 Kohlensäure und 0,400 Wasser. Ein zweites Mal gaben 0,442 derselben Naphtha 1,403 Kohlensäure und 0,490 Wasser.

Diese Naphtha enthält also:

Kohlenstoff	86,4	87,33
Wasserstoff	12,7	12,30
	99,1	100,13.

Diese Resultate stimmen mit denen des Hrn. de Saussure; man darf daher die Naphtha ansehen als eine Verbindung von:

3 At. Kohlenstoff	229,56	88,2
5 At. Wasserstoff	31,25	11,8
	260,81	100,0

oder von:

3 Vol. Kohlendampf	2,526
5 Vol. Wasserstoffgas	0,344
1 Vol. Naphthadampf	2,870.

Hienach wäre die Dichtigkeit des Naphthadampfs =2,870, und wirklich entfernt sich diese Zahl auch wenig von der durch den Versuch gefundenen.

Die in dieser Abhandlung enthaltenen Thatsachen reichen hin zu zeigen oder vielmehr zu bestätigen, daſs es zwei besondere Klassen von ätherischen Oelen giebt, bloſs aus Kohle und Wasserstoff bestehende, und solche, die auſserdem noch Sauerstoff enthalten.

IV. *Ueber das Kobalthyperoxyd* $(\dot{Co}+\dddot{Co})$; *von H. Heſs.*

(Auszug einer in der Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg am 4. October 1832 gelesenen Abhandlung.)

Unter den verschiedenen Methoden, welche man besitzt, um Kobalt oder Kobaltoxyd frei von Einmengung anderer Metalle aus seinem Erze (gewöhnlich Kobaltglanz oder auch Speiſskobalt) zu erhalten, sind vorzüglich die zwei folgenden zu beachten: Wöhler's bekannte Methode, das Kobalt durch Glühen mit Alkali und Schwefel von Arsenik zu befreien, und die, welche Quesneville (*Annal. de chim. et de phys. T. XLI p.* 426, und Berzelius, Jahresbericht X, S. 119) vorschlug, um reines Kobaltoxyd zu erhalten. Letztere besteht in Folgendem. Das ungeröstete Erz wird in Salpetersäure aufgelöst, zur Trockne verdunstet, aufgelöst und mit kohlensaurem Kali versetzt, so lange als noch arseniksaures Eisenoxyd niederfällt. Die filtrirte Auflösung wird nun mit einer warmen Lösung von saurem oxalsauren Kali versetzt, wodurch oxalsaures Kobaltoxyd niedergeschlagen wird, welches frei von Arsenik ist und, nach Quesneville's Angabe, auch von anderen Metallen, auſser einer Spur von Nickel, das sich mit Ammoniak ausziehen läſst.

Wenn man gröſsere Quantitäten zu behandeln hat, so verdient Wöhler's Methode, das Arsenik auszuziehen, unbedingt den Vorzug. Die zweite führt aber weit

schneller zum Ziele, wenn man nur kleine Quantitäten Kobaltoxydes darzustellen beabsichtigt. — Es ist dabei zu bemerken, dafs die Auflösung des sauren kleesauren Kalis in der Siedhitze gesättigt seyn mufs, und dafs, nachdem man beide Auflösungen gemischt hat, nun wieder kochen mufs, wodurch das kleesaure Kobaltoxyd sich schneller absetzt. Der wohl ausgewaschene Niederschlag enthält kein Arsenik; er ist aber jedesmal durch Kupfer verunreinigt, wenn dieses Metall im Erze vorhanden war. Durch Glühen des kleesauren Kobaltoxyds in einem bedeckten Tiegel erhält man Kobalt, der sich in Salzsäure vollständig mit Entwicklung von Wasserstoffgas auflöst. Aus der sauren Auflösung schlägt ein Strom von Schwefelwasserstoffgas Schwefelkupfer nieder, welches keine Spur Arsenik enthält. — Einer so gereinigten Auflösung bediente ich mich zu den nachfolgenden Versuchen, nachdem ich mich durch die bekannte Methode überzeugt hatte, dafs sie keine Spur von Nickel enthielt.

Aus einer reinen Auflösung von Chlorkobalt schlug ich abermals kleesaures Kobaltoxyd nieder.

Es wird angegeben, dafs man durch gelindes Glühen des kleesauren Salzes, so auch des salpetersauren Salzes und des Kobaltoxydhydrats Kobalthyperoxyd $\dddot{C}$ erhalte. — Ich reducirte so bereitetes Hyperoxyd durch Wasserstoff und fand folgenden Sauerstoffgehalt, in 100 Theilen:

Versuch.	
I.	25,534
II.	25,447
III.	25,929
IV.	25,670.

Es wird angegeben, dafs das Hyperoxyd bei der Rothglühhitze Sauerstoif abgiebt. Diesen Umstand schrieb ich dem geringen Sauerstoffgehalt zu, der nach Versuch I

erhalten worden war, da das Hyperoxyd 28,902 Sauerstoff in 100 Th. enthält. Daher wurde das zum II. Versuch verwandte Hyperoxyd in der Muffel eines Windofens in einem Porcellantiegel heftig geglüht. Man sieht also, dafs das Glühen von keinem wesentlichen Einflufs auf die Zusammensetzung war. Die Versuche gaben offenbar zu wenig Sauerstoff; ich schrieb es nun der Leichtigkeit zu, mit der das reducirte Kobalt sich wieder oxydire, und in der That durch abermaliges Glühen der Portion Kobalt, welche zu Versuch IV gedient hatte, in einem Strom von Wasserstoffgas, erhielt ich, statt 25,63, nun 26,451.

Um diese Fehlerquelle zu vermeiden, änderte ich den Versuch so ab, dafs, nachdem das Hyperoxyd in die Glaskugel (welche von sehr hartem Glase war) gebracht worden war, und die beiden Röhren rein gemacht worden, ich die Röhre an jeder Seite ungefähr vier Zoll weit von der Kugel etwas auszog, so dafs sie bedeutend an der Stelle verengt wurde, und nach vollendeter Reduction leicht abgeschmolzen werden konnte. Die Glasröhre wurde übrigens erst dann an der verdünnten Stelle zugeschmolzen, als das reducirte Metall vollkommen in Wasserstoffgas erkaltet war. — Die Capacität des Apparates wurde hernach durch Wasser bestimmt, und das Resultat für die Quantität corrigirt, um welche das Wasserstoffgas im Apparate leichter als atmosphärische Luft war. Das angewandte Hyperoxyd wurde zu jedem Versuch neu bereitet; — die Bereitung geschah durch Zersetzen des kleesauren Kobaltoxyds, durch Zersetzen des salpetersauren Kobaltoxyds, durch Glühen des Oxydhydrates. Die Menge der angewandten Substanz variirte zwischen 1 und $1\frac{1}{2}$ Grm. Ich erhielt folgende Sauerstoffgehalte in 100 Theilen:

Ver-

Digitized by Google

Versuch.		Versuch.	
V.	26,367	VIII.	26,510
VI.	26,451	IX.	26,641
VII.	26,270	X.	26,338.

Als Mittel aus diesen sechs Versuchen: 26,43.

Demnach waren 100 Th. Metall verbunden mit 35,98 Sauerstoff. Im Kobaltoxyd sind 100 Th. Metall verbunden mit 27,097 Sauerstoff, nun ist aber:

$$3 : 4 = 27{,}097 : 36{,}12.$$

Es ist aber daraus klar, dafs das Verhältnifs des Sauerstoffs in dem untersuchten Oxyd zum Sauerstoff im Oxyde $\dot{\mathrm{Co}}$ das von 4 : 3 ist. Es folgt daraus, dafs man durch Glühen von kleesaurem Kobaltoxyd, von Kobaltoxydhydrat und von salpetersaurem Kobaltoxyd, niemals Kobaltoxyd $\overset{\cdots}{\mathrm{Co}}$ erhält, sondern stets eine Verbindung von Oxyd mit Hyperoxyd zusammengesetzt nach der Formel $\dot{\mathrm{Co}} + \overset{\cdots}{\mathrm{Co}}$. Nach dieser Formel berechnet, enthält diese Verbindung in 100:

Kobalt	73,46
Sauerstoff	26,54
	100,0.

Die Abweichung der Versuche von dem berechneten Resultate mag zum Theil in der Schwierigkeit liegen, die Verbindung frei von eingemengtem Oxyd zu erhalten. Um dieses zu erreichen, war das bereitete Hyperoxyd jedesmal mit einer Säure, gewöhnlich Salpetersäure oder Salzsäure, digerirt worden, bis ein Theil der Verbindung zersetzt und aufgelöst war. Der noch übrige Theil wurde nun ausgewaschen, getrocknet und analysirt. Vor der Reduction habe ich mehrere Male das in dem Apparat schon befindliche Hyperoyd in einem Strom Sauerstoffgas (aus $\mathrm{K}\overset{\cdots\cdot\cdot}{\mathrm{Cl}}$ entwickelt) geglüht und darin erkalten lassen, und alsdann gewogen und reducirt; aber auch die

ses Verfahren hatte auf das Resultat keinen wesentlichen Einfluſs gehabt.

In der Absicht, den berechneten Zahlen näher zu kommen, stellte ich noch drei Versuche an; sie gaben:

26,719
26,567
26,415.

Das zu dem ersten Versuch verwandte Oxydhyperoxyd war durch Niederschlagen von Kobaltchlorür, durch chlorigsauren Kalk und gelindes Glühen des Hyperoxyds erhalten worden. Ich vermuthe indeſs, daſs es eine Spur Feuchtigkeit zurückgehalten habe, wodurch der Sauerstoffgehalt zu groſs ausgefallen ist. — Das Mittel aus diesen drei Versuchen ist 26,56.

Ich glaubte reines Hyperoxyd zu erhalten, wenn ich eine Auflösung des Chlorürs durch chlorigsauren Kalk niederschlüge und den aus der gesäuerten Flüssigkeit abgeschiedenen Niederschlag ohne Anwendung der Wärme über Schwefelsäure trocknete. Als die Verbindung vollkommen trocken erschien, wurde sie gepulvert und noch acht Tage über Schwefelsäure getrocknet. Als ich dieses Hyperoxyd reduciren wollte, entband sich bei dem ersten Einwirken der Wärme eine groſse Menge Wasser, welches durch Trocknen über Schwefelsäure nicht hatte entzogen werden können. Es war also ein Hydrat von Hyperoxyd. Da der angefangene Versuch durch einen zufälligen Umstand miſslungen war, so bereitete ich das Hydrat von Neuem, trocknete es aber in einer Temperatur, die nicht +80° erreichte. 3,94 Grm. gaben durch Glühen 3,115 Grm. Oxydhyperoxyd, entsprechend 3,2189 Hyperoxyd; demnach bestand die Verbindung aus:

		Sauerstoff.	Multipla.
Kobalthyperoxyd	81,7	23,61	3
Wasser	18,3	16,27	2
	100,0.		

Digitized by Google

Nach der Formel $\dot{\text{H}}^2 + \dddot{\text{C}}$ berechnet, ist die Zusammensetzung:

Kobalthyperoxyd	82,16
Wasser	17,84
	100,0.

Ob diefs Hydrat beständig dieselbe Zusammensetzung habe, oder ob durch Trocknen über Schwefelsäure vielleicht $\text{H} + \dddot{\text{C}}$ erhalten werde, mufs noch durch Versuche ausgemittelt werden.

Zersetzt man Kobaltchlorür durch kohlensaures Natron auf trocknem Wege, so erhält man nach Auswaschen des Salzes ein braunes Pulver, welches ganz die Farbe des Erdkobalts hat, und durch Reiben mit einem harten Körper auch dessen fettglänzenden Strich giebt. Es ist ebenfalls Kobaltoxydhyperoxyd.

Die Neigung des Kobalthyperoxyds, Verbindungen einzugehen, berechtigt vielleicht zu einigem Zweifel über die Existenz einer Kobaltsäure. — Die braune ammoniakalische Auflösung, von der man vermuthet, dafs sie Kobaltsäure enthalte, kann ohne Zersetzung gekocht werden, sie sey concentrirt oder mit Wasser verdünnt. Eine Auflösung von ätzendem Kali bewirkt in der Kälte keinen Niederschlag; bei Erhitzen aber, oder wenn man gleich eine kochende Auflösung zugiefst, schlägt sich ein schmutzig grünes Oxyd nieder. Es entwickelt sich dabei kein Gas, so dafs wenn die Säure existirt, man sie in diesem Niederschlage finden mufs. Meine Versuche damit waren aber nicht hinreichend, um über dessen Zusammensetzung abzusprechen. Geschmolzenes ätzendes Kali löst Kobalthyperoxyd mit intensiv brauner Farbe auf. — In nicht zu dicken Lagen ist die Auflösung im geschmolzenen Zustande vollkommen durchsichtig. Silbertiegel scheinen durch diesen Versuch stark angegriffen zu werden.

V. *Ueber das Wismuthhyperoxyd; von August Stromeyer, zur Zeit in London.*

Bucholz und Brandes *) geben an, ein solches erhalten zu haben, als sie, um bei der Analyse eines Wismutherzes ein Gemenge von Kieselerde und Wismuthoxyd zu scheiden, dasselbe mit Kalilauge eindickten und die trockne Masse glühten. Nach der Behandlung derselben mit Wasser blieb ein ochergelbes Pulver zurück, das mit Chlorwasserstoffsäure Chlorgas entwickelte, nach dem Glühen aber, wobei es an Gewicht verlor, ohne Gasentwicklung von ihr aufgelöst ward. Im Kohlentiegel reducirte es sich zu Wismuthmetall. — Wiewohl nun diese Versuche die Existenz eines Superoxydes des Wismuths unzweifelhaft darthaten, so war doch die von den beiden Chemikern angegebene Zusammensetzung desselben aus gleichen Theilen Metall und Sauerstoff höchst unwahrscheinlich, und mit den über das gelbe Oxyd angestellten Versuchen im Widerspruch **). Da nun überdiefs aus ihren eigenen Versuchen hervorging, dafs das von ihnen dargestellte Superoxyd noch fremde Beimengungen ***) enthielt, auch späterhin keiner von beiden

*) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. XXII S. 27 bis 34.

**) Schon aus ihren eigenen Versuchen ergiebt sich, dafs diefs Verhältnifs nicht richtig seyn könne. Das von ihnen dargestellte Superoxyd verlor beim Glühen, wodurch es zu Oxyd reducirt ward, 33 Procent Sauerstoff. Da nun das Oxyd etwa 10 Proc. Sauerstoff enthält, so sind in den 67 Antheilen desselben noch 6,7 enthalten, was zusammen also nur etwa 39 Proc. ausmacht, und also von ihrer Bestimmung um mehr als 10 abweicht.

***) Die Auflösung in Chlorwasserstoffsäure gab mit Cyaneisenkalium einen braunen Niederschlag. — Das nach dem Glühen zurückbleibende Oxyd war grau gefärbt.

Digitized by Google

wieder etwas über diesen Gegenstand bekannt machte, so ist es sehr erklärlich, dafs man ihre Beobachtungen fast gar nicht beachtet hat, und in den meisten Lehrbüchern der Chemie nichts von einem Superoxyde erwähnt *). — Indessen sind doch, was die Existenz dieses Oxydes betrifft, die Beobachtungen von Bucholz und Brandes gegründet. Schmilzt man auf die von ihnen angegebene Weise Wismuthoxyd mit kaustischem Kali, so nimmt es eine gelbbraune Farbe an, und entbindet, nach dem Auswaschen, Chlorgas mit Chlorwasserstoffsäure. Nur eignet sich diefs Verfahren nicht zur Darstellung dieses höheren Oxydes, indem sich nur eine geringe Menge desselben bildet, und trotz des grofsen Sauerstoffgehaltes, den Bucholz und Brandes in ihrem Oxyde fanden, ergiebt sich doch aus der ochergelben Farbe, die sie demselben zuschreiben, dafs es nur sehr wenig eigentliches Superoxyd kann enthalten haben, da diefs im reinen Zustande dunkelbraun ist.

Sehr leicht erhält man es, wie ich gefunden habe, rein, durch Behandlung von Wismuthoxyd mit chlorigsauren Alkalien. Ich fand es am vortheilhaftesten, reines durch Glühen des basisch salpetersauren Salzes bereitetes Oxyd mit einer Auflösung von chlorigsaurem Natron oder Kali (durch Zersetzung von chlorigsaurem Kalk mit basisch kohlensauren Alkalien dargestellt) zu erhitzen. In der Kälte ist die Einwirkung nur schwach, und auch beim Erhitzen findet die höhere Oxydation des gelben Oxydes durch das chlorigsaure Salz (das dabei, wie leicht zu ersehen, in ein Chlormetall übergeht) nur allmälig statt, so dafs es nöthig ist, das Gemenge eine Zeit lang im Sieden zu erhalten. Das Wismuthoxyd färbt sich zuerst schön braungelb, geht aber nach und nach in ein dunkles Schwarzbraun über. Man wäscht es nun vollständig aus, und behandelt es, um etwa unverändertes Oxyd zu entziehen, in der Kälte mit von salpetriger Säure freier, nicht zu sehr

*) Schweigg. Journ. a. a. O. S. 40. — Gmelin's Handb. der Chemie, 1. Bd. 2. Abth.

verdünnter Salpetersäure (etwa 1 Th. concentrirter Säure auf 9 Th. Wasser), welche man im Ueberschufs zusetzt, um die Bildung von basisch salpetersaurem Wismuthoxyd *) zu verhüten, worauf man zuerst mit verdünnter Säure, dann mit Wasser auswäscht und bei gelinder Wärme trocknet. Statt des Oxydes habe ich wohl geradezu das basisch salpetersaure Salz angewandt, und dann eine zur Entziehung der Salpetersäure hinreichende Menge kaustischen Alkali's zu der Auflösung des chlorigsauren Salzes hinzugefügt. Indefs fand ich, dafs sich dann stets zu gleicher Zeit ein basisches Chlorwismuth erzeugt, das sich weder durch kaustische, noch kohlensaure, noch auch durch chlorigsaure Alkalien zersetzen läfst. Man kann es zwar durch Salpetersäure aus dem Superoxyde ausziehen; allein, da es nur schwierig darin löslich ist, so wendet man besser reines Oxyd an, wobei diese Verunreinigung nicht stattfindet. Das basische Chlorwismuth entsteht nämlich durch gegenseitige Zersetzung des salpetersauren Salzes und des Chlornatriums, das in dem chlorigsauren Natron enthalten ist. Zersetzt man das basisch salpetersaure Salz vorher durch kaustisches Alkali, und wendet das so erhaltene Wismuthoxydhydrat an, so erhält man das Superoxyd gleichfalls rein. Indefs hat die Anwendung des Hydrates durchaus keine Vorzüge, indem es bei weitem schwerer von dem chlorigsauren Natron angegriffen wird, was wohl davon abhängt, dafs, da das Superoxyd kein Wasser enthält, dieses der Aufnahme von Sauerstoff entgegenwirkt. — Das auf diese Art dargestellte Superoxyd ist ein schweres, dunkelbraunes, dem Bleisuperoxyde ganz ähnliches Pulver. Erhitzt, zersetzt es sich noch vor dem Glühen bei einer Temperatur, die nicht viel vom Siedpunkt des Quecksilbers entfernt zu

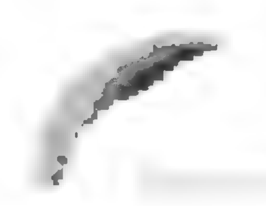
*) Verdünnte Schwefelsäure würde bequemer seyn, da sich eine Auflösung von schwefelsaurem Wismuth durch einen geringeren Säureüberschufs vor der Fällung durch Wasser bewahren läfst; allein sie zersetzt das Superoxyd zu schnell.

Digitized by Google

seyn scheint, in gelbes Oxyd (das dann, bis zum Schmelzen erhitzt, nichts weiter am Gewicht verlor) und Sauerstoffgas, welches ich aufgefangen und den nöthigen Versuchen unterworfen habe. Dabei wird, wenn das Oxyd rein war, nichts Flüchtiges weiter entwickelt. Giebt es, ungeachtet es gut getrocknet war, dennoch Wasser bei der Zersetzung durch's Erhitzen, so enthält es basisches Chlorwismuth. Löst man dann den Rückstand in kalter Salpetersäure auf, so bringt Silbersalpeter einen Niederschlag von Chlorsilber in der Lösung hervor.

Mengt man es mit Kohlenpulver und erhitzt, so findet keine Detonation, sondern nur ein lebhaftes Verglimmen statt. Zucker oder ein anderer organischer Stoff bewirkt dasselbe. Das Gemenge läfst sich durch eine glühende Kohle entzünden, und brennt dann von selbst wie Zunder fort. Es bleibt ein Gemenge von Metall und gelbem Oxyd. — Wasserstoffgas reducirt das Superoxyd bei einer sehr gelinden Hitze, wobei es für sich nicht zersetzt wird, zu gelbem Oxyd, dessen Reduction zu Metall dann Glühhitze erfordert. — Mit Schwefel gemengt und erhitzt, verwandelt es sich, unter Entbindung schwefligsauren Gases, ruhig in Schwefelwismuth.

Mit Säuren ist es ohne Zersetzung nicht vereinbar. — Chlorwasserstoffsäure löst es schon in der Kälte unter Entwicklung von Chlorgas auf. — Jodwasserstoffsäure bildet ein unauflösliches, schön kastanienbraunes Jodwismuth, und die Flüssigkeit wird gelb von frei gewordenem Jod, das sich beim Sieden derselben in violetten Dämpfen verflüchtigt. — Schwefelsäure zersetzt es in concentrirtem Zustande augenblicklich, und auch im verdünnten ziemlich schnell unter Entbindung von Sauerstoffgas (das schwefelsaure Wismuthoxyd war in verdünnter Schwefelsäure vollkommen auflöslich, ein Beweis, dafs keine Verunreinigung mit Blei stattfand). — Eben so wirkt Phosphorsäure. — Schwefligsaures Gas ist ohne Wirkung. Wäfsrige schweflige Säure verwandelt es langsam in ba-



sisch schwefelsaures Wismuthoxyd. Salpetersäure, wenn sie frei von salpetriger Säure und nicht zu concentrirt ist, wirkt in der Kälte wenig darauf. Beim Sieden löst sie es langsam unter Sauerstoffgas-Entbindung auf. — Die Auflösungen verhalten sich gegen Reagentien gänzlich wie die mit dem gelben Oxyde bereitete. Essigsäure, Klee-, Weinstein- und Citronensäure greifen auch beim Sieden das braune Oxyd nicht an. Setzt man Schwefelsäure hinzu, so erfolgt Auflösung unter heftigem Aufschäumen. — Ammoniak hat keine Wirkung, eben so wenig fixe kaustische Alkalien.

Die Zusammensetzung dieses Oxydes ergiebt sich aus dem beim Erhitzen desselben stattfindenden, nur in Sauerstoff bestehenden Gewichtsverlust. 12,14 Gran desselben verloren dabei 0,59. Darnach bestehen 100 Theile aus 95,141 gelbem Oxyd und 4,859 Sauerstoff. Da nun nach Lagerhielm das Oxyd aus einem Atom Wismuth =71 mit einem Atom Sauerstoff =8 besteht, so sind in diesen 95,141 gelben Oxyds 85,507 Metall mit 9,634 Sauerstoff verbunden, also beinah mit doppelt so viel als beim Glühen verloren ging. Es besteht daher diefs Superoxyd aus 2 Atomen Metall und drei Atomen Sauerstoff *). Berechnet man darnach die Zusammensetzung in 100 Theilen, so ergiebt sich:

Wismuth	85,543
Sauerstoff	14,457
	100,000.

Es waren aber gefunden:

Wismuth	85,507
Sauerstoff	14,493
	100,000.

*) Bei Anwendung der Berzelius'schen Zahlen ist es wohl am zweckmäfsigsten, das bisherige Atomgewicht des Wismuths um ein Drittel, nämlich auf 1773,835 erhöhen, dann das Oxyd aus BO^2 und das Hyperoxyd aus BO^3 bestehen zu lassen. *P.*

VI.

Digitized by Google

VI. *Ueber die Scheidung des Wismuths vom Blei;*
von A. Stromeyer.

Die Methode, welche Rose dazu in seinem Handbuch der analytischen Chemie angiebt, nämlich die Oxyde der beiden Metalle mit Schwefelsäure zu behandeln, wo sich, wenn die Säure in hinreichender Menge zugesetzt wird, das schwefelsaure Wismuthoxyd vollkommen auflöst, giebt, wie er selbst bemerkt, wegen der nicht vollkommenen Unauflöslichkeit des schwefelsauren Bleioxyds, keine ganz genauen Resultate, und hat, nach meinen Versuchen, noch das Unangenehme, dafs, wenn man nicht schnell arbeitet, sich auch aus ziemlich verdünnter Lösung eine Menge schwefelsaures Wismuthoxyd in kleinen Krystallen absetzt. Ich glaube ein besseres Mittel zur Trennung in dem kaustischen Kali gefunden zu haben. Es wird in mehreren Lehrbüchern angegeben, dafs das Wismuthoxyd in den fixen ätzenden Alkalien auflöslich sey *); allein diefs ist irrig. Kali, Natron, so wie auch Barytwasser, lösen auch beim Kochen nicht die geringste Spur davon auf, da die filtrirten Flüssigkeiten durch Schwefelwasserstoff nicht verändert werden. Kohlensaure Alkalien lösen zwar kohlensaures Wismuthoxyd auf; allein kaustisches Kali zersetzt diese Lösung unter Fällung von Wismuthoxydhydrat. Ein etwaiger Gehalt von kohlensaurem Alkali in der Aetzlauge ist daher ohne Nachtheil. — Da nun Bleioxyd, wenn auch nicht reichlich, doch sowohl frei, wie als ein kohlensaures Salz vollständig von den

*) Z. B. Berzelius, Lehrb. der Chemie — Artikel Wismuthoxyd. Rose bemerkt indessen schon, dafs der von kaustischem Kali in einer Wismuthlösung bewirkte Niederschlag in einem Uebermaafs desselben unauflöslich sey.

fixen kaustischen Alkalien aufgenommen wird, so geben diese ein sehr einfaches Trennungsmittel ab. — Die Auflösung der beiden Metalle in Salpetersäure wird mit überschüssiger Kali- oder Natronlauge versetzt, und damit einige Zeit im Sieden erhalten. Das Wismuthoxyd fällt anfangs als weiſses, säurefreies Hydrat nieder, wird aber während des Kochens gelb, indem es, wie das Kupferoxydhydrat, schon bei dieser Hitze sein Wasser verliert. Dieſs geschieht so vollständig, daſs man es nach dem Auswaschen nur zu trocknen braucht, indem es dann, bis zum Glühen erhitzt, kein Wasser mehr ausgiebt. Das kaustische Kali scheint mir daher auch überhaupt zur Ausfällung des Wismuthoxyds sehr anwendbar, und dem von Rose vorgeschlagenen kohlensauren Ammoniak vorzuziehen. — Das Bleioxyd läſst sich dann aus der alkalischen Auflösung, nachdem man sie mit Essigsäure bis zur schwach sauren Reaction versetzt hat, durch kleesaure Alkalien fällen. — Erforderlich ist übrigens bei dieser Methode ebenfalls, was Rose bei der Ausfällung durch kohlensaures Ammoniak schon bemerkt, daſs keine Chlorwasserstoffsäure im Spiele sey, indem sich dann ein basisches Chlorwismuth niedergeschlagen würde, das von kaustischem Kali nicht zersetzt wird.

VII. *Ueber den Arsenikgehalt des Stollenwassers zu Reichenstein in Schlesien; von N. W. Fischer.*

Bekanntlich wird die gröſste Menge der im Handel vorkommenden arsenigen Säure zu Reichenstein in Schlesien gewonnen, und dort aus dem Arsenikeisen bereitet. Dieſs Mineral, welches sich wesentlich von dem Arsenikkies

Digitized by Google

durch den Mangel eines Schwefelgehalts unterscheidet *), findet sich ganz dicht bei jenem Städtchen in Serpentin eingesprengt, und wird daraus bergmännisch gewonnen. Die Grubenwässer, welche aus dem daselbst befindlichen Stollen abfliefsen, wollte ein Brauer in Reichenbach zu seinem Geschäfte benutzen. Der Magistrat des Städtchens indefs, ehe er demselben die Erlaubnifs dazu ertheilte, wollte die Gewifsheit haben, dafs das Stollenwasser von jedem Gehalte an Arsenik gänzlich frei sey, und sandte deshalb mehre Flaschen von diesem Wasser zur Untersuchung an Hrn. Prof. Fischer in Breslau. Letzterer fand nun wirklich Arsenik in dem Wasser, aber in so geringer Menge, dafs er sich genöthigt sah, dabei von den bekannten Methoden abzugehen und eine neue anzuwenden, welche, wegen ihrer Zweckmäfsigkeit und ihrer Brauchbarkeit in ähnlichen Fällen, verdient allgemein gekannt zu werden.

Nachdem eine vorläufige Prüfung mit den gewöhnlichen Reagenzien, namentlich mit hineingeleitetem Schwefelwasserstoffgas, gelehrt hatte, dafs auf diese Weise kein Arsenik zu entdecken war, wurde eine bedeutende Menge (sechs Flaschen) des Wassers zur Trockne verdampft, und der Rückstand nach einander mit heifsem Wasser, mit Ammoniak und mit Salzsäure behandelt, welche letztere ihn völlig auflöste. In der wäfsrigen und in der ammoniakalischen Lösung war auch jetzt noch kein Arsenik aufzufinden. Es wurde daher die salzsaure Auflösung mit Schwefelwasserstoffgas in grofsem Ueberschufs behandelt. Anfangs schien auch diefs nicht zu wirken; allein nach einiger Zeit entstand eine Trübung, die nach 24 Stunden bedeutend zunahm, und nach 4 bis 6 Tagen die Ablagerung eines gelb gefärbten Niederschlags zur Folge hatte. Da Schwefelarsenik für sich beim Erhitzen

*) Wie man sich noch aus der neuern Analyse von E. Hofmann (Im vorherigen Bande dieser Annalen, S. 489) erinnern wird.

keinen Knoblauchgeruch giebt, und andererseits bei einer gerichtlichen Untersuchung die Darstellung des Arseniks in metallischer Gestalt unerläfslich ist, so wurde der Niederschlag, nachdem er auf einem Filtrum getrocknet, gewaschen und gewägt worden war, mit Ammoniak übergossen, welches ihn mit Zurücklassung des überschüssigen aus dem Schwefelwasserstoff herstammenden Schwefels löste.

Aus dieser ammoniakalischen Lösung, welche das vorhandene Schwefelarsenik aufgelöst enthalten mufste, ward das Arsenik auf folgende Weise abgeschieden. Setzt man zu einer solchen Lösung eine von salpetersaurem Silberoxyd hinzu, so fällt der Schwefel als Schwefelsilber nieder, und das Arsenik bleibt, je nachdem das Schwefelarsenik AsS^3 oder AsS^5 war, als arsenigsaures oder arseniksaures Silberoxyd in der Lösung zurück, falls nur das Ammoniak in hinreichendem Ueberschufs zugegen ist. Sättigt man daher das Ammoniak mit verdünnter Salpetersäure, so fällt das Silbersalz zu Boden, und man braucht dieses nur abzusondern, zu trocknen, mit Kochsalz zu schmelzen und in einer Röhre mit Kohle zu erhitzen, um das Arsenik in metallischer Gestalt zu erhalten; auch entwickelt das Salzgemisch, an der Luft auf Kohle geglüht, sehr leicht den bekannten Knoblauchgeruch.

Ob man arsenige Säure oder Arseniksäure in der Lösung hatte, ersieht man aus der Farbe des Silbersalzes: das arseniksaure ist braunroth, das arsenigsaure dagegen gelb. Letzteres wird bei Behandlung mit Salpetersäure roth, und ist auch daran zu erkennen, dafs seine ammoniakalische Lösung beim Sieden einen Theil des Silbers in metallischer Gestalt fallen läfst, und dann nur arseniksaures Silberoxyd enthält, welches sich bei fernerer Verdunstung des Ammoniaks als braunrothes Pulver niederschlägt.

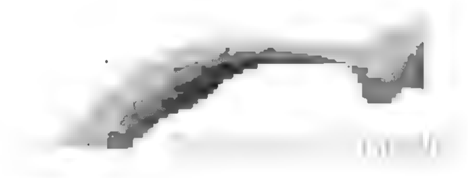
Durch dieses Verfahren wurde das Arsenik noch in

dem genannten Wasser aufgefunden, wiewohl die verschiedenen Proben desselben nur $\frac{1}{160000}$ bis $\frac{1}{600000}$ davon enthielten. Das Arsenik wurde dabei als arseniksaures Silberoxyd erhalten, war also, wie auch aus der langsamen Einwirkung des Schwefelwasserstoffs hervorgeht, als Arseniksäure im Wasser vorhanden, und, wie die Unlöslichkeit des Rückstandes in Wasser und Ammoniak vermuthen läfst, darin mit Kalk verbunden.

VIII. *Neues Mittel zur Verhütung der Oxydation von Stahl und Eisen.*

Als solches empfiehlt Hr. Payen *) neuerlich die Anwendung alkalischer Lösungen, namentlich die Lösungen von Aetzkali, Aetznatron, Aetzkalk, Ammoniak, kohlensaurem Natron und selbst von Borax, in welchen allen, wenn sie die gehörige Concentration haben, polirtes Eisen sich Monate lang unverändert erhält. Das Mittel ist indefs keinesweges neu, sondern bereits vor mehren Jahren vom Dr. Marshall Hall angegeben, wie man aus diesen Annalen, Bd. XIV (90) S. 145, ersehen kann. Indefs bleibt Hrn. Payen allenfalls das Verdienst, dafs er seine Versuche auf eine gröfsere Anzahl von Alkalien ausdehnte (Hr. Hall wandte nur Aetzkalk und Magnesia an), und überdiefs für einige derselben die Gränze der Verdünnung feststellte, welche sie, ohne ihre Schutzkraft zu verlieren, nicht überschreiten dürfen. In dieser Beziehung hat er Folgendes beobachtet: Eine bis 22° C. gesättigte Aetzkalilösung, mit dem 500fachen ihres Volumens Wasser verdünnt, schützt noch vollständig gegen das Rosten, bei 3- bis 4000maliger Verdünnung aber nicht mehr. Kalkwasser mit dem dreifachen Volume Wasser verdünnt, wirkt noch schützend, bei vierfacher Verdün-

*) *Annales de chim. et de phys. T. L p.* 305.



nung dagegen nicht mehr. Eine bei 20° C. gesättigte Lösung von kohlensaurem Natron wirkt, wenn sie mit dem 49- bis 54fachen ihres Volumens Wasser verdünnt ist, aber nicht bei 59facher Verdünnung. In einer gesättigten Boraxlösung, die mit dem 6fachen Volume Wasser verdünnt war, blieb das Eisen wenigstens 14 Tage lang unoxydirt. Alle diese Lösungen reagirten bei der Verdünnung, bei welcher sie nicht mehr schützend wirkten, noch deutlich auf geröthetes Lackmuspapier.

Was die Ursache dieser Schutzkraft betrifft, so scheint Hr. Payen sie in eine besondere Eigenschaft der Alkalinität zu setzen *), während Hr. Hall sie darin begründet sieht, dafs die Alkalien die im Wasser befindliche Kohlensäure binden. Nach Hall's Versuchen ist es nämlich nur der Gehalt an Kohlensäure, wodurch das Wasser in gewöhnlicher Temperatur oxydirend auf Eisen wirkt. Reines luftfreies Wasser ist ohne Wirkung auf reines Eisen; darin stimmen ihm auch die Herausgeber der *Annales de chimie et de physique* (*T. XI p.* 47) bei Gelegenheit seiner früheren Controverse mit Hrn. Guibourt bei, wenn gleich sie einräumen, dafs die Oxydation, wenn sie einmal durch irgend eine Ursache begonnen habe, auch in reinem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur fortfahren könne. Hr. Payen dagegen will gefunden haben, dafs Wasser, aus welchem durch Sieden die Luft und Kohlensäure entfernt waren, nach einigen Stunden noch oxy-

*) Die von ihm gemachte Beobachtung, dafs concentrirte Aetzkalilauge, bei Vermischung mit gleichem Volume Flufswasser, aus diesem dieselbe Luftmenge treibe, welche es durch das Sieden verliert; eine Beobachtung, die übrigens eben so wenig neu und wunderbar ist, als die dabei bemerkte Volumensverminderung, kann wohl nicht zur Erklärung hinzugezogen werden, da die Alkalien ja auch noch in sehr verdünnten Lösungen wirksam sind. Wirkten die Alkalien nur mittelst Luftvertreibung, so müfsten auch Salze dieselbe Wirkung thun. Offenbar haben auch die Alkalien auf die Metalle, deren Oxyde in ihnen löslich sind, eine ganz entgegengesetzte Wirkung.

Digitized by Google

dirend auf Eisen (Feilspäne) wirkte, ungeachtet es sich unter einer Glocke befand, in der die Luft durch Aetzkalk und Schwefelsäure von Kohlensäure und etwaigem Ammoniak befreit war. Auch spräche für seine Meinung die Wirkung der Boraxlösung, da diese, wie er selbst bemerkte, die Kohlensäure des Wassers nicht sättigte; doch war gerade bei dieser die Wirkung am schwächsten. Uebrigens fand auch er, dafs eine gesättigte Kalilösung, die mit dem 2000 fachen Volumen Wasser verdünnt, und darauf mit Kohlensäure fast gesättigt worden war, oxydirend wie gewöhnliches Wasser auf Eisen wirkte.

Klar ist übrigens, was Hr. Payen ausführlicher specificirt, dafs die erwähnte Eigenschaft der Alkalien mannigfacher technischer Anwendungen fähig ist.

IX. *Ueber die Dichtigkeit des Schwefeldampfs; von Hrn. Dumas.*

Bereits im vorigen Bande der Annalen, S. 400, wurde die merkwürdige, sich von aller bisherigen Analogie entfernende Beobachtung des Hrn. Dumas über die Dichtigkeit des Phosphordampfs mitgetheilt, und dabei in wenigen Worten auch des noch anomaleren Resultats in Bezug auf die Dichte des Schwefeldampfs erwähnt. Seitdem hat Hr. Dumas die ausführlichen Data der letzteren Versuche bekannt gemacht (*Ann. de chim. et de phys. T. L p.* 170). Es sind folgende:

	I.	II.	III.	IV.
Gewichtsüberschufs des dampfvollen über den luftvollen Ballon	0grm,313	0,431	0,367	0,383
Barometer	0m,760	0,766	0,7585	0,753
Lufttemperatur	20° C.	21°	18°	20°

	I.	II.	III.	IV.
Raumgehalt des Ballons . .	0^{l},210	0,258	0,228	0,230
Beim Dampf geblieben. Gas	*)	*)	†)	*)
Gewicht des d. Luftthermometer füllenden Quecks.	52,284	146,357	14,915	50,998
Gewicht des in das Luftthermometer wieder eingetretenen Quecksilbers . .	30,042	85,262	7,610	28,905
Höhe der Quecksilbersäule im Luftthermometer . .	0,144	0,083	0,234	0,114
Temperatur, angezeigt vom Lufttherm. ohne Rücksicht auf Glasausdehnung	506°	493°	524°	524°
Gew. eines Liters Schwefeldampf	8^{grm},454	8,360	8,595	8,549
Dichte des Schwefeldampfs	6,512	6,495	6,617	6,581

Die Dichte des Schwefeldampfs ist also nach diesen vier directen Wägungen, die ganz auf die beim Phosphor angegebene Weise angestellt wurden, drei Mal gröfser als 2,218, als man sie bisher aus dem Atomengewicht ableiten zu können glaubte. 1 Vol. Schwefelwasserstoff würde demnach nicht aus 1 Vol. Wasserstoffgas und $\frac{1}{2}$ Volum Schwefeldampf, sondern aus 1 Vol. vom ersteren und $\frac{1}{6}$ Vol. vom letzteren, und die Verdichtung wäre nicht wie $1\frac{1}{2}:1$, sondern wie $\frac{7}{6}:1$; gleiches gälte von der schwefligen Säure.

Anfangs glaubte Hr. Dumas, diese Anomalie durch einen Gehalt an Wasserstoff erklären zu können, von dem er $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{1200}$ im Schwefel fand, wenn er ihn mit Kupfer verband; allein späterhin überzeugte er sich, dafs der geschmolzene Schwefel keine bestimmbare Menge Wasserstoff enthielt. Vielleicht, meint er, finde man die Anomalie weniger ungewöhnlich, wenn man sich erinnere, dafs der Schwefel, sowohl im Vacuo wie an der Luft, bei 107° C. vollkommen dünnflüssig ist, bei 200° sich völlig verdickt, und bei seinem Siedepunkt abermals, wenig-

*) Spur von Schwefelwasserstoff. †) 0,004 Luft.

Digitized by Google

nigstens zähe, flüssig wird (diese Annal. Bd. XI S. 166). Es habe nichts Unmögliches, dafs die bei 107° bestimmte Dichte drei Mal geringer sey als die bei hoher Temperatur gemessene.

X. *Ueber ein neues natürliches schwefelsaures Kupferoxyd;*
von P. Berthier.

Diefs Mineral stammt aus Mexico, von einem unbekannten Fundort, und hat zum Muttergestein einen feinkörnigen weifsen Quarz, eine Art von Sandstein, welcher überdiefs von blättrigem, rothem Kupferoxydul in Adern und kleinen Massen durchzogen ist. Das neue Mineral dient meistens diesem Sandstein als Bindemittel, kommt aber auch in Körnchen und kleinen Massen darin vor. Es ist körnig, matt, fast erdig, bald hellgrün wie Malachit, bald graugrün. Durch Waschen kann man es vom Kupferoxydul gänzlich, und von der Bergart zum Theil befreien. Eine Probe, die nur Spuren von Kupferoxydul enthielt, gab bei der Analyse, nach Abzug von 30,5 Procent Bergart:

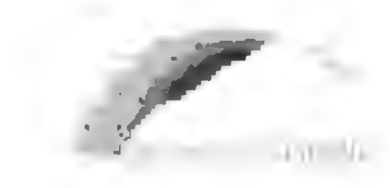
	Berechnet.	Beobachtet.	
Kupferoxyd	66,2	67,90	4 At.
Schwefelsäure	16,6	17,07	1 -
Wasser	17,1	15,03	4 -
	100,0	100,00.	

Das Mineral hat also die Zusammensetzung:

$$\dot{C}u^4 \dddot{S} + 4 Aq.$$

und nähert sich dadurch dem *Brochantit*, der, nach G. Magnus's Analyse *), eine variable Beimengung von

*) Diese Ann. Bd. XIV S. 141. P.



Zinnoxyd (nicht Zinkoxyd, wie Hr. B. angiebt) abgerechnet, besteht aus $\dot{C}u^3\dddot{S}+3Aq$.

Das mexicanische Mineral löst sich, ohne Aufbrausen und ohne dafs das beigemengte Kupferoxydul angegriffen wird, schon kalt in Salzsäure, auch langsam in ätzendem und rasch in kohlensaurem Ammoniak. In der Rothglühhitze verliert es sein Wasser und zum Theil seine Säure; sehr starkes Feuer vertreibt letztere gänzlich, und dann sintert das Mineral zusammen. (*Ann. de chim. et de phys. T. L p.* 360.)

XI. *Ueber das Färbende im Carneol.*

Veranlafst durch die Bemerkung Dufay's (*Mém. de l'Acad. pour* 1732, *p.* 169), dafs der Carneol für sich in mäfsiger Hitze seine Farbe nicht verliere, wohl aber, wenn man ihn dabei mit einem Kitt, der Eisenoxyd enthält, bekleide, und dafs man ihm auf diese Weise beliebige Zeichnungen geben könne, — hat Hr. Gauthier de Claubry untersucht, ob das Eisenoxyd hier wohl oxydirend auf eine organische Substanz einwirke. Zu dem Ende glühte er ein Gemenge von gepülvertem Carneol und frisch bereitetem Kupferoxyd in einer Porcellanretorte, und erhielt dabei von 100 Grm. Carneol 29 Cubikcentimeter Kohlensäure. Um dem Einwurfe zu begegnen, als rühre diefs Resultat von Oel her, welches der angewandte Carneol, der geschliffen war, etwa bei dieser Operation eingesogen haben möge, nahm er eine andere Portion gepülverten Carneols und kochte sie zuvor mit Aetzkali, ehe er sie in einer Retorte lebhaft glühte. Allein auch diefs Mal erhielt er ein Gas, das zum Theil von Kali absorbirt wurde, und dann ein anderes hinterliefs, welches mit blauer Farbe brannte und nach der Verbrennung Kalkwasser fällte. Aufserdem ging eine sehr

Digitized by Google

saure empyreumatische Flüssigkeit über, und der Rückstand in der Retorte war graulich und wog nur 98,831 Procent des angewandten Carneols.

Es ist also klar, dafs der Farbstoff des Carneols organischer Natur ist *). Bereits Hr. Berthier **) fand dasselbe Resultat in Bezug auf den Farbestoff des Rosenquarz von Quincy, im Departement du Cher ***), und den eines quarzigen Minerals von Confolens im Departement der Charente. Auch ist bekanntlich von Hrn. Knox †) Bitumen in vielen Fossilien gefunden worden. (*Annales de chim. et de phys. T, L p.* 438.)

*) Weniger evident geht diefs schon aus den Versuchen von Klaproth hervor (Beiträge, Bd. I S. 43), der bekanntlich fand, dafs der Carneol, wie der Chalcedon, bei heftigem Glühen sich bis zu einer gewissen Tiefe, von der Oberflächeab, entfärbte. Auch Dolomieu fand bereits, dafs der Feuerstein, mit Salpeter geglüht, verpufft. P.

**) *Annal. de Mines, T. X p.* 272 *et T. XIII p.* 218.

***) Im Rosenquarz vom Rabenstein bei Zwisel besteht dagegen, nach den Versuchen von Fuchs (Schweigg. Journ. Bd. 62 S. 253), das Färbende aus 1, höchstens $1\frac{1}{2}$ Procent Titanoxyd, eben so im piemontesischen Corund. P.

†) Die Mineralien, aus denen Hr. Knox durch trockne Destillation Wasser und Bitumen abschied, waren: 1) Pechstein von Arran (0,025 Wasser und 0,02 Bitumen), 2) Perlstein (0,025 W. und B.), 3) Mandelstein von der Insel Disco (0,031 W. u. B.), 4) Basaltischer Grünstein (0,0175 B.), 5) Uebergangsgrünstein von Carlingford (0,015 B.), 6) Bol (grofse Menge B.), 7) Basalt (0,06 B. u. W.), 8) Basalt von d. Insel Disco (0,02312 W. und B.), 9) Obsidian (0,002 W. u. B. u. Ammoniak), 10) Grünstein (Diabase und Diorit) von Clack Hill (0,02 W. und B.), 11) Wacke von d. I. Disco (0,1142 Wasser, 4 Kbkzll. Kohlensäure u. 8 Kbkzll Kohlenwasserstoff), 12) eisenschüssiger Thon, ebendaher (0,1825 W. mit B.), 13) eisenschüssiger Thon von Houth (0,04 B.), 14) Hornblende von Schneeberg (0,0075 W. mit B.), 15) Turmalin von Karorulik in Grönland (0,007 W. mit B.), 16) Augit von Arendal (0,0035 B. u. W.), 17) gemeiner Serpentin von Zöplitz (0,105 W. mit B.), 18) Thonschiefer (0,03 W. mit B.), 19) weifser Feldspath von Killiney (0,0035 W. mit B. u. Ammoniak), 20) haarfarbener Feldspath von Aberdeen (W. mit B. ohne Ammon.), 21) Menilit von Ménil-Montant (0,0125 Kohle?), 22) Klebschiefer (0,185 W. mit B.), 23) Glimmerschiefer (W. u. B.), 24) silberfarbener Glimmer (0,0133 W. mit B.), 25) Stinkstein (W. u. B. ohne Ammon. u. Schwefelwasserstoff), 26) Lucullit von Gallway (0,088 Wasser mit B.). — Alle diese Fossilien funkelten, wenn sie auf fliefsenden Salpeter geworfen wurden. (*Phil. Transact.* 1823, *pt. II.*) P.

Digitized by Google

Berichtigungen.

I. Zum Aufsatz des Prof. Liebig (Ann. Bd. XXIV S. 266).

Veranlaſst durch die dort gemachten Bemerkungen hat Hr. Prof. Göbel seine Versuche über Ameisensäure wiederholt (Schweigg. Journal, Bd. LXV S. 154), und gefunden:

1) Daſs Quecksilberoxyd sich in hinreichender Menge Ameisensäure *in der Kälte* vollkommen löst, und in dieser Lösung bis zur beginnenden Gasentwicklung erwärmt, nach dem *Abnehmen vom Feuer* zur perlmutterglänzenden Masse erstarrt. Diese ist ameisensaures Quecksilberoxydul, entstanden dadurch, daſs sich das Oxyd in Oxydul, und die Ameisensäure zum Theil in Kohlensäure verwandelt hat.

2) Werden die Krystalle vom ameisensauren Quecksilberoxydul mit Wasser bis zur vollständigen Zersetzung erhitzt, so wird nicht nur Kohlensäure gebildet und metallisches Quecksilber abgeschieden, sondern die *zurückbleibende Flüssigkeit reagirt auch sauer.*

Dagegen fand Hr. Prof. Liebig bei seinen Versuchen:

1) Verdünnte Ameisensäure mit Quecksilberoxyd *fortwährend erhitzt*, reducirt letzteres zu Metall, ohne daſs *dabei jemals ein krystallinisches Salz gebildet wird.*

2) War Salzsäure in der Ameisensäure, so erstarrt die Flüssigkeit *zu einer krystallinischen Masse, die Calomel ist.*

3) Erhitzt man Ameisensäure mit überschüssigem Quecksilberoxyd, so wird die Säure so vollkommen zerstört, daſs die *Flüssigkeit nicht mehr sauer reagirt*, und ist der Ameisensäure Essigsäure beigemengt, so enthält die Flüssigkeit ein essigsaures Quecksilbersalz.

Ich habe also, bemerkt Hr. Prof. Liebig (*Ann. de Pharm. III p.* 208), aus meinen Versuchen keinen Irrthum zurückzunehmen; allein der Schluſs, daſs kein ameisensaures Quecksilbersalz in darstellbarer Form existire, ist falsch.

II. Zum Aufsatz des Prof. H. Rose (Ann. Bd. XXIV S. 306).

Der Chlorschwefelphosphor von Sérullas ist $ClS+PCl^2$, enthält also einen Chlorphosphor, der *nicht* der unterphosphorigen Säuren (P^2O) analog ist; wäre er es, so müſste er wie P^2Cl^2 zusammengesetzt seyn.

III. Zum Aufsatz des Dr. E. Hofmann (nicht Hoffmann) (Ann. Bd. XXV S. 494).

Das Arseniknickel von der Grube Hasselhäue, bei Tanne im Harz, enthält nicht 2 As, sondern 3 As, ist also den übrigen Arsenikverbindungen nicht analog zusammengesetzt, und ihnen nicht beizuzählen. Die Berechnung ist übrigens a. a. O. ganz richtig nach der Formel:

$$\left.\begin{matrix} Ni \\ Fe \\ Co \end{matrix}\right\} + 3\,As \text{ gemacht.}$$

IV. Zum Aufsatz des Prof. Dove (Ann. Bd. XXVI S. 313).

Zu ihm gehört die Fig. 14 Taf. V.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Digitized by Google

Literarischer Anzeiger.

1832. No. XII.

Dieser literarische Anzeiger erscheint monatlich und wird dem *Journale für technische und ökonomische Chemie*, herausgegeben von *O. L. Erdmann*, und den *Annalen der Physik und Chemie*, herausgegeben von *J. C. Poggendorff*, beigeheftet. Die Insertionskosten betragen für die Zeile aus Petite oder deren Platz 1 Gr. no. B. Z.

Bei *Leopold Voss* in *Leipzig* erscheint:

Summarium des Neuesten aus der in- und ausländischen Medizin für praktische Aerzte. Herausgegeben von Prof. Dr. *Albert Friedrich Haenel*. Jährlich 24 Hefte oder 3 Bände. gr. 8. Preis 6 Thlr. 16 Gr.

Es ist gewiss sehr wünschenswerth, ein Buch zu besitzen, das nicht nur alle neuen Erscheinungen in dem Gebiete der periodischen medicinischen Literatur anzeigt, sondern auch in kurzen, bündigen Auszügen mittheilt, denn die Zahl der medicinischen Journale und der kleineren medicinischen Schriften ist gegenwärtig so bedeutend, dass selbst der nicht sehr beschäftigte Arzt kaum im Stande sein möchte, sie alle durchzulesen; und dennoch ist in ihnen gewiss Manches enthalten, was seine Aufmerksamkeit verdient. Es darf demnach das Summarium um so mehr auf eine günstige Aufnahme rechnen, als es den angedeuteten Wunsch auf das zweckmässigste erfüllt. In möglichst kurzer Zeit bringt es alles Neue zur Sprache, indem es in Heften zu 4 eng gedruckten Bogen in gross 8 alle 14 Tage erscheint. Acht Hefte bilden einen Band, der mit einem ausführlichen Sach- und Namenregister begleitet ist, durch das die Brauchbarkeit des Ganzen sehr erhöht wird. Es muss ferner bemerkt werden, dass die einzelnen Auszüge und Angaben nicht chaotisch durch einander liegen, sondern systematisch geordnet sind, wodurch zugleich der Nebenzweck erreicht wird, einen schnellen Ueberblick über die neuesten Fortschritte jeder einzelnen Wissenschaft zu gestatten. Auch wird man unter der Rubrik: „Medicin im Allgemeinen" interessante Notizen über medicinische Anstalten, Gesellschaften, ausgezeichnete Aerzte u. s. w. finden. Endlich ist an dem Schlusse der einzelnen Hefte die neueste medicinische Bibliographie angegeben.

Digitized

In allen Buchhandlungen ist zu haben:

Brehm, Ch. L., Handbuch für den Liebhaber der Stuben-, Haus- und aller der Zähmung werthen Vögel, enthaltend die genauesten Beschreibungen von 200 europäischen Vögelarten und eine gründliche, auf vielen neuen Beobachtungen beruhende Anweisung, die in- und ausländischen Vögel zu fangen, einzugewöhnen, zu füttern, zu warten, fortzupflanzen, vor Krankheiten zu bewahren und von denselben zu heilen. Unter Mitwirkung des Herrn *Felix Grafen v. Gourcy-Droitaumont.* Mit 8 ganz treu und sorgfältig nach der Natur gezeichneten illum. Kpfrt. gr. 8 eleg. geh. 3 Rthlr. oder 5 fl. 24 kr.

Der Hr. Verf., berühmt als grosser Ornitholog und Herausgeber mehrerer ornitholog. Werke (namentlich der kürzlich erschienenen: „Naturgeschichte aller Vögel Deutschlands," wofür er von Sr. Maj. von Preussen mit der grossen goldenen Medaille ausgezeichnet wurde) liefert in vorstehender Naturgeschichte der Stubenvögel ein Werk, welches nach dem Ausspruch eines grossen Kenners einzig in seiner Art ist. — Durch die Vereinigung mit dem Hrn. Grafen v. Gourcy, der Hunderte von Stubenvögeln gehalten und genau beobachtet hat und durch die Beihülfe von funf andern grossen Kennern sind über die Arten, die Kunst, sie zu fangen, zu ernähren, zu heilen und fortzupflanzen, so viele neue Erfahrungen mitgetheilt, dass man kühn behaupten kann, keine andere Nation besitze über die Stubenvögel ein so umfassendes gründliches Werk, welches noch überdies lauter eigene Beobachtungen enthält und bei ihrer Merkwürdigkeit für den Naturforscher überhaupt als für den Ornithologen insbesondere von grosser Wichtigkeit ist, auch dem Landwirth, Tauben- und Hühnerliebhaber viel Interessantes und Praktisches mittheilt.

B. F. Voigt in Ilmenau.

So eben erschien bei *Leopold Voss* in *Leipzig*:

Hartmann, Ph. K., Glückseligkeitslehre für das physische Leben des Menschen, oder die Kunst, das Leben zu benutzen und dabei Gesundheit, Schönheit, Körper- und Geistesstärke zu erhalten und zu vervollkommnen. Zweite verbesserte Auflage. 8. geh. 1 Thlr. 8 Gr.

Unter den diätetischen Schriften nimmt unstreitig die angezeigte einen der ersten Plätze ein. Der unsterbliche *Hartmann*, meh-

Digitized by Google

rere Jahre hindurch eine Zierde der Wiener Hochschule, schrieb sie als junger Mann mit glühender Seele. Das Wohl seiner Mitmenschen lag ihm am Herzen. Mit ernster Stimme wollte er auf die tausend Uebel aufmerksam machen, die aus unserer verkehrten Lebensweise wie wucherndes Unkraut emporspriessen, die Irrenden auf den Pfad, den die Natur uns vorgezeichnet, zurückführen und das geistige und leibliche Wohl der Menschheit befördern. Man suche daher in dem vorliegenden Werke keine Mittelchen und Receptchen gegen mancherlei Uebel, sondern eine vernünftige, wissenschaftlich begründete Anweisung, sich gesund an Körper und Geist zu erhalten, und dadurch alle Medicin unnöthig zu machen. Dass Hartmann's Stimme nicht ganz verhallt sei, beweist schon der Umstand, dass die erste Auflage vergriffen ist, und dass das Buch von einigen Lehrern an Universitäten als Leitfaden bei ihren Vorträgen über Diätetik benutzt wird. Die zweite Auflage dieses Buches darf daher auf eine günstige Aufnahme rechnen, um so mehr, als sie nicht allein äusserlich vortheilhaft ausgestattet, sondern auch von Verstössen gegen die Deutlichkeit des Ausdruckes von einem der Sache kundigen Manne gereinigt worden ist. Eine kurze Biographie des als Arzt, Lehrer, Schriftsteller und Mensch gleich verehrungswürdigen Hartmann, die dieser neuen Auflage voran geschickt ist, wird den Lesern nicht unangenehm sein.

In allen Buchhandlungen ist zu haben:

Weinholz, Dr. *W.*, Handbuch der pharmaceut. - mathematischen Physik und Chemie. Zum Selbststudium für angehende Chemiker Aerzte und Apotheker. Nebst einer verschiebbaren chemisehen Aequivalentenscale und 28 tabellar. Uebersichten, sämmtlich mit den nöthigen Erläuterungen über ihre Einrichtung, Gebrauchs- und Nutzungsart versehen. gr. 8. 2 Rthlr. oder 3 fl. 36 kr.

Wir enthalten uns jeder eigenen Anpreisung dieses Werks, sondern beziehen uns auf das Urtheil, das ein erfahrner Pharmaceu- und Chemiker darüber fällte, als es ihm zur Begutachtung vorgelegt wurde: „nicht anders als sehr gelungen kann nach meiner Ueberzeugung diese verdienstliche Arbeit genannt werden. Sie wird angehenden und auch wirklichen Apothekern und Aerzten, denen die nöthigen höhern arithmetischen Vorkenntnisse mangeln, wie auch im Umfange der Wissenschaft schon reifer ausgebildeten Männern, besonders wegen der zahlreich angehängten Tabellen aller Art von dem grössten Nutzen sein. Es fehlt uns zwar über chemische Messkunst und pharmaceutische Physik nicht an Werken von ausgezeichneten chemischen Schriftstellern, allein sie alle setzen Kenntnisse von den Gleichungen und Proportionen, so wie mathematische Kenntnisse überhaupt voraus und helfen also den Anfängern nichts.

Digitized by Google

Will aber der Arzt und Pharmaceut sich diejenigen Lehren der leider auf Gymnasien so sehr vernachlässigten höhern Arithmetik und Mathematik aneignen, die ihm zu seiner Wissenschaft jetzt unentbehrlich sind, so muss er die Gesammtheit dieser Lehren studiren, also auch die ihn nicht unmittelbar berührenden, wodurch den übrigen Wissenschaften entweder zu viel Zeit entzogen wird, oder wodurch auch Viele ganz abgeschreckt werden. Also muss ihnen ein Werk wie dieses, welches leichtfasslich und dabei gründlich das zum Verstehen der Chemie und pharmaceut. Physik Nöthige ausgewählt und zusammengestellt hat, höchst willkommen sein. Unsere Literatur hat bis jetzt kein gleiches Werk dieser Art in der Zusammenstellung als Ganzes aufzuweisen, obschon viele einzelne Theile desselben zerstreut in den verschiedenen Lehrbüchern der Chemie, Mathematik, Physik, Pharmacie, Stöchiometrie u. s. w. sich finden. Die Anordnung ist gut, der Styl leicht verständlich und das Ganze höchst gründlich und au Niveau mit dem allerneuesten Standpunkt der Wissenschaft."

B. F. Voigt in Ilmenau.

Das

Journal für technische und ökonomische Chemie, herausgegeben von Prof. *O. L. Erdmann.* gr. 8. mit Kupfern.

wird auch für 1833 nach dem bisherigen Plane fortgesetzt und immer mehr es allen Technikern, Fabrikbesitzern, rationellen Landwirthen u. s. w. unentbehrlicher werden zu lassen, des Herausgebers vorzüglichstes Augenmerk sein, der, wie seither, nicht verfehlen wird, die gediegensten und die Wissenschaft wahrhaft fördernden Aufsätze aus der Literatur des Auslandes aufzunehmen, so wie die ausgezeichneten Männer, die zu Mitarbeitern gewonnen sind, auch fernerhin ihre reichen Beiträge zu liefern zugesagt haben. Jeden Monat erscheint regelmässig ein Heft von 7 — 8 Bogen. Preis des ganzen Jahrgangs 8 Rthlr. — Alle Buchhandlungen und Postämter nehmen Bestellung darauf an. Neuen Abonnenten die Anschaffung der bereits erschienenen 5 Jahrgänge (1828 — 1832) zu erleichtern, werden dieselben complet zu 20 Rthlr., jeder einzelne Jahrgang davon zu 5 Rthlr. und jeder Band von 4 Heften zu 1. Rthlr. 16 Gr. abgegeben.

Leipzig, im December 1832.

Joh. Ambr. Barth.

Digitized by Google

Taf. I

Alte Feldspathlaven mit Schlacken-Conglomeraten

Fortdauernde vulcanische Bildung

Lavaı

Digitized by Google

Joh. Ambr. Barth

Taf. II

...strom v.

...ro Lava bianca

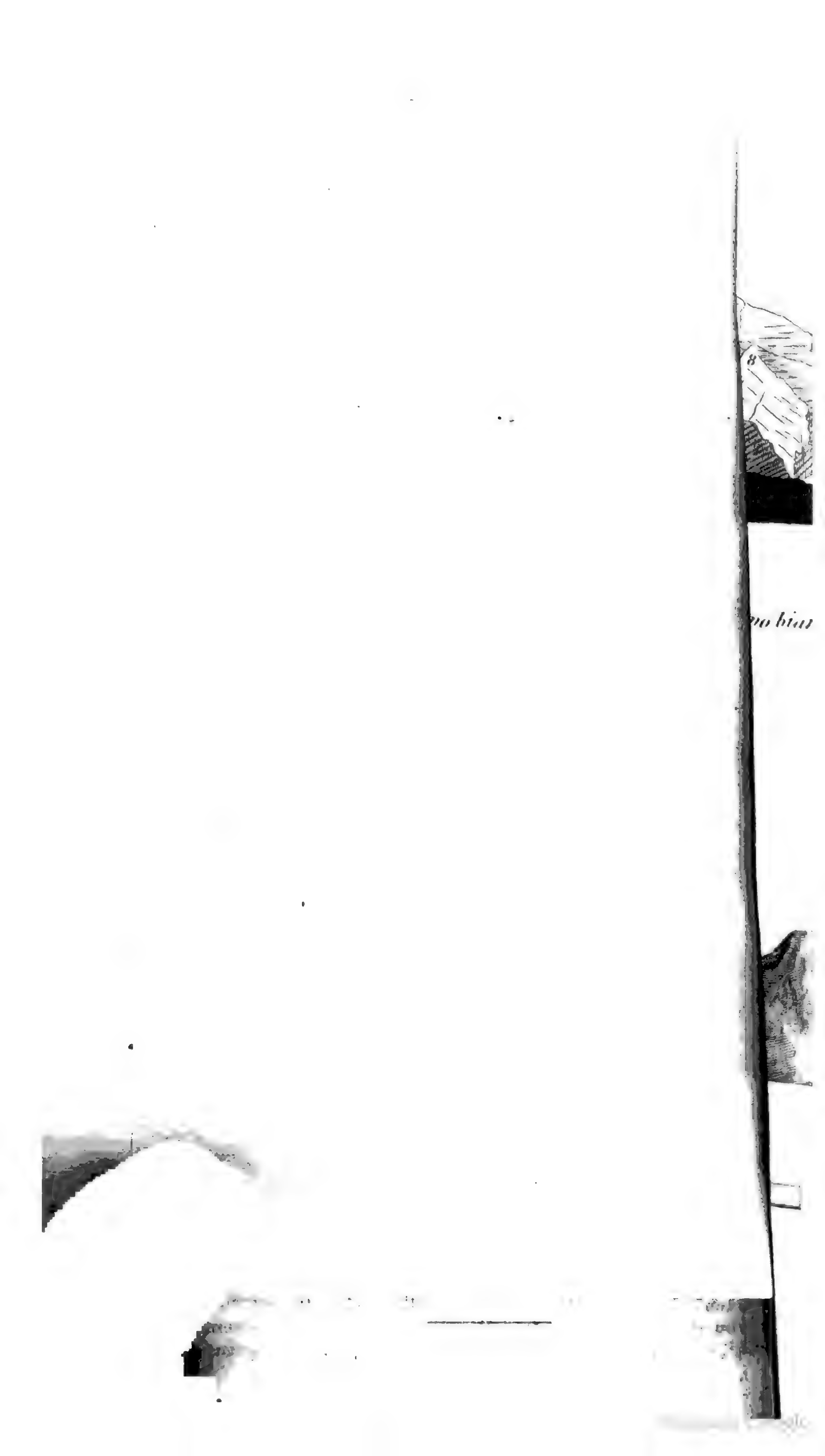
6

...n Mo...

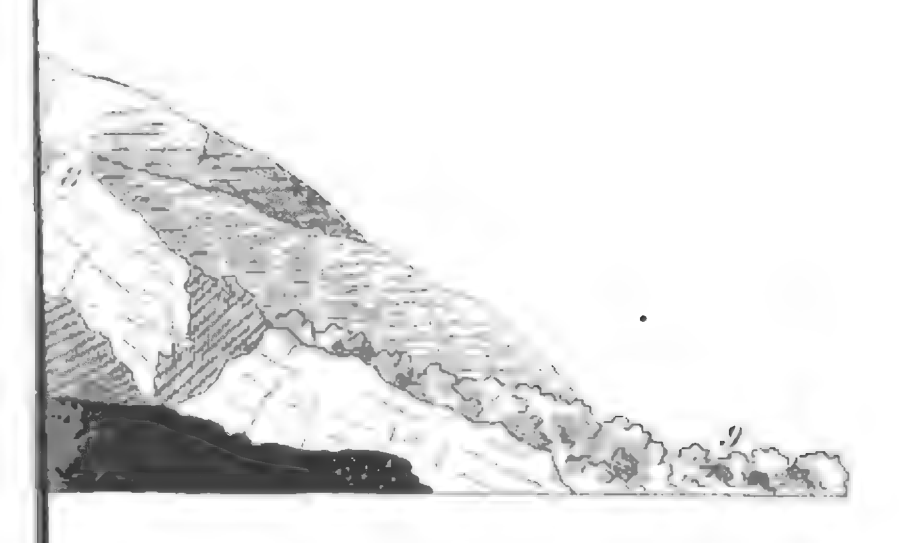
Etna

mare

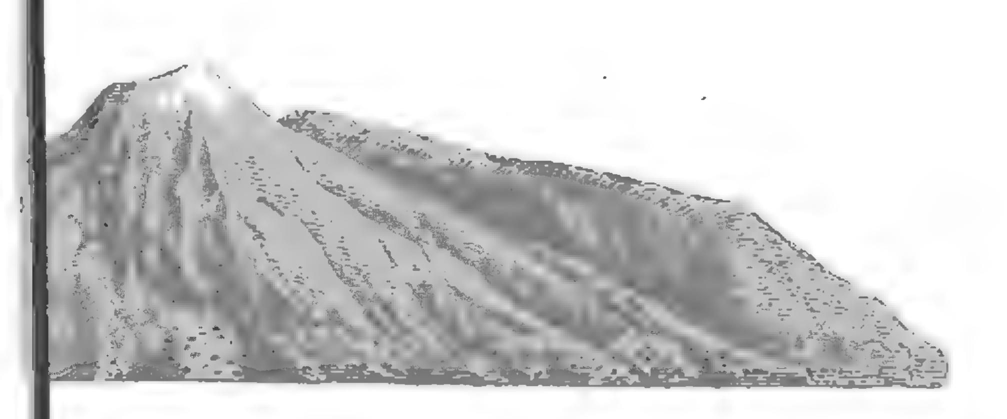
Digitized by Google


8

Taf. III



…co bianco 9 Capo Castagno. 10 Castell von Lipari



Saline

Neue Glas- u. Bimsteinlaven.

Digitized by Google

Taf. IV.

Digitized by Google

Digitized by Google

Taf. IV.

Digitized by Google

Taf. V

Fig. 4

Fig. 5

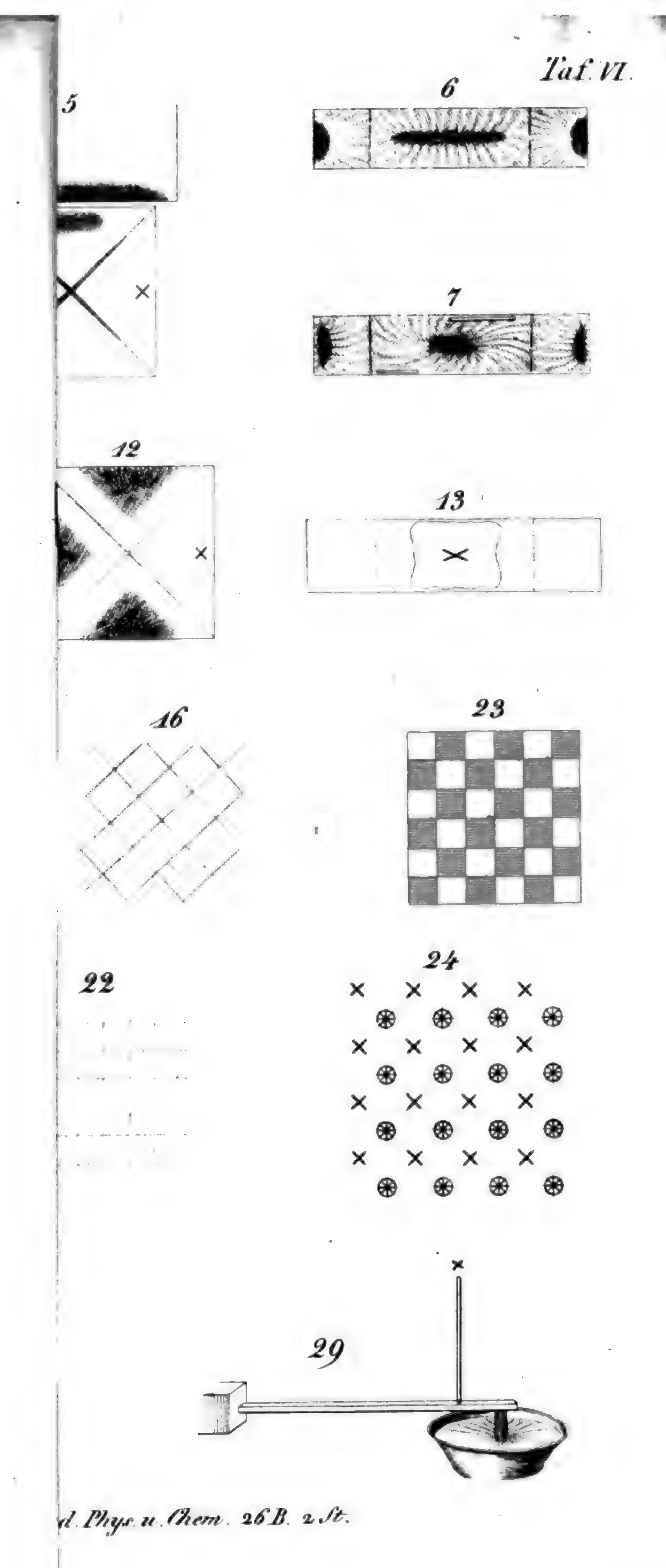
Fig. 12

Fig. 13

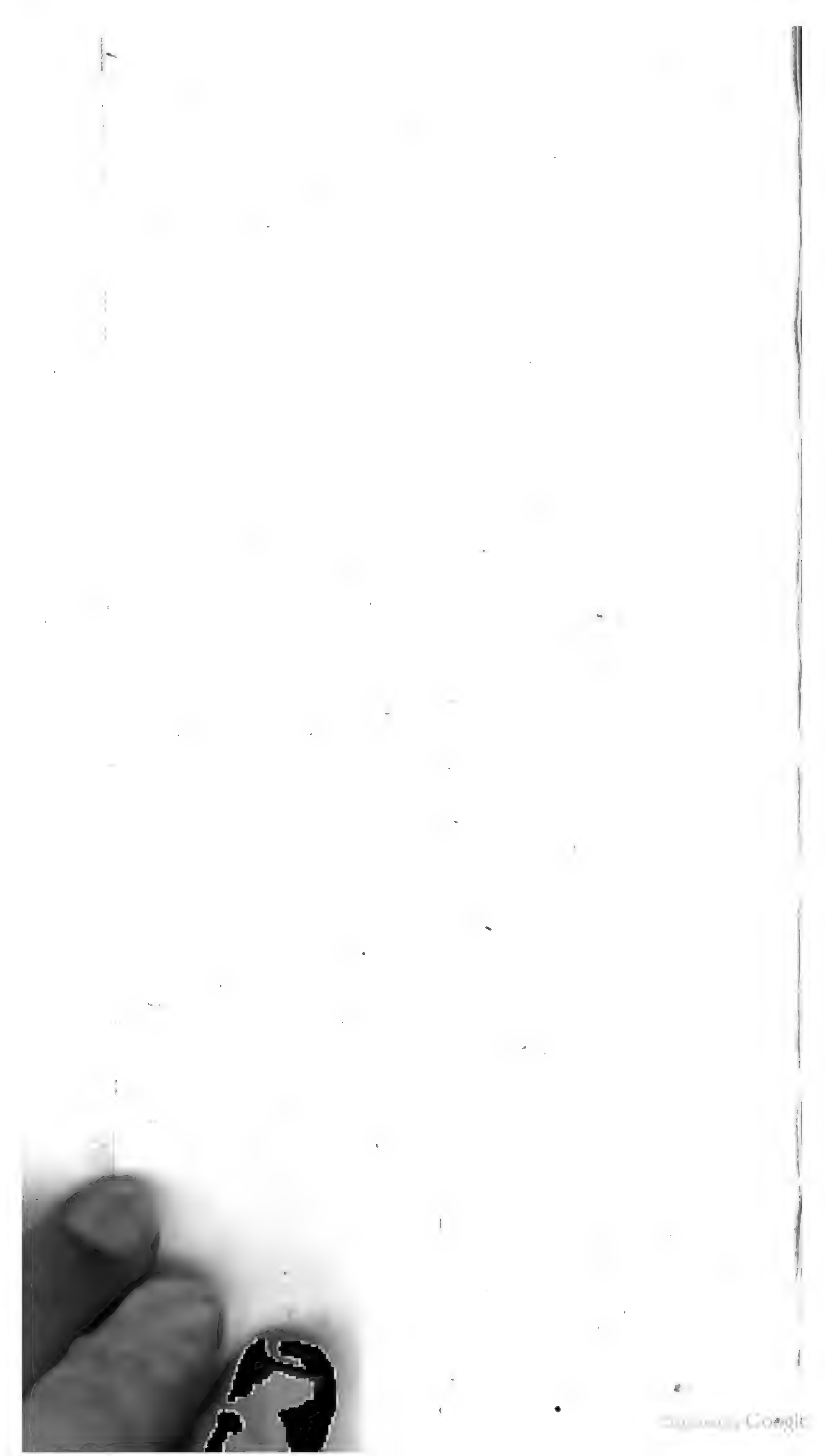
Fig. 10

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

Fig. 6

Digitized by Google

Digitized by Google

itized by Google

SEP 1 1 1940

Digitized by Google

Digitized by Google